

## Perlengkapan hubung bagi dan kontrol rakitan pabrik untuk tegangan rendah



## K A T A   P E N G A N T A R

---

Penerbitan buku standar yang berjudul :

" Perlengkapan Hubung dan Kontrol Rakitan Pabrik untuk Tegangan Rendah" ini dimaksudkan untuk dipakai oleh para produsen yang membuat berbagai perlengkapan hubung bagi dan kontrol rakitan pabrik baik yang berkapasitas kecil beberapa VA sampai berkapasitas besar beberapa ratus KVA.

Tujuannya ialah untuk meningkatkan produksi dalam negeri meningkatkan pemakaian oleh para konsumen seperti yang menggunakan tenaga listrik sampai beberapa ratus KVA baik dipabrik, dikantor-kantor, digedung-gedung komersial. Begitu juga standar ini dapat digunakan diberbagai laboratorium penguji oleh para penguji alat hubung bagi. Dengan demikian penggunaan buku standar ini juga memenuhi PUIL. 1977.

Standar ini adalah hasil perumusan Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia yang telah mendirikan wadah pada tahun 1978 yaitu Panitia Peralatan Listrik. Nama-nama anggota Kelompok Kerja Perlengkapan Hubung Bagi dan Kontrol Rakitan Pabrik untuk Tegangan Rendah : Widiarko, Wiryanto Kuswinar, R. Sri Rahadi, Ir. Masgunartha Budiman, Ir. J. Soekarto, Ir. K. Pijpaert, Ir. Rachmat Soedirdjo, Ir. Noer Lelono (alm). Setelah dibahas oleh suatu Panitia Teknik, naskah ini kemudian diajukan kepada suatu forum masyarakat teknik terbuka untuk diterima sebagai standar guna dipakai oleh produsen, konsumen, penyalur, dan penguji.

Bersama-sama dengan 16 standar lainnya, pada tanggal 16 Mei 1984 diberlakukan dengan Surat Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi No.0487/K/13/M.PE/84 sebagai standar listrik Indonesia tercatat dengan code/nomor : SLI 013 - 1984.

Dengan diterbitkannya standar ini Direktorat Jenderal Listrik dan Energi Baru yang mengelola kegiatan Standardisasi listrik berdasarkan surat Keputusan Menteri Pertambangan dan Energi tentang standar Listrik Indonesia No. 02/P/M/Pertamben/1983, dan sebagai instansi teknis yang turut serta dalam Dewan Standardisasi Nasional (SK.Presiden No.20 tahun 1984) telah melangkah lebih jauh lagi.

Kepada seluruh masyarakat teknik (para produsen, penyalur, pemakai dan penguji) diharapkan saran-saran dan masukan yang berguna sekali bagi proses "Up-dating" standar yang selalu mengikuti perkembangan teknologi terakhir.

Jakarta,      Pebruari 1985

DIREKTORAT JENDERAL LISTRIK DAN  
ENERGI BARU





## DAFTAR ISI

		halaman
BAB 1	U M U M .....	1
1.1	RUANG LINGKUP .....	1
1.2	S A S A R A N .....	1
BAB 2	DEFINISI .....	1
2.1	DEFINISI UMUM .....	1
2.2	DEFINISI MENGENAI UNIT KONSTRUKSI PHB .....	3
2.3	DEFINISI TENTANG RANCANGAN BAGIAN LUAR PHB .....	5
2.4	DEFINISI MENGENAI BAGIAN-BAGIAN KERANGKA PHB .....	6
2.5	DEFINISI MENGENAI PERSYARATAN PEMASANGAN PHB .....	8
2.6	DEFINISI MENGENAI TINDAKAN PERLINDUNGAN TERHADAP KEJUTAN LISTRIK .....	10
2.7	GANG DALAM PHB .....	10
BAB 3	KLASIFIKASI PHB .....	10
BAB 4	KARAKTERISTIK LISTRIK PHB .....	10
4.1	TEGANGAN NOMINAL .....	10
4.2	ARUS NOMINAL .....	11
4.3	ARUS KETAHANAN SINGKAT NOMINAL .....	12
4.4	ARUS KETAHANAN PUNCAK NOMINAL .....	12
4.5	ARUS HUBUNG SINGKAT NOMINAL BERSYARAT .....	12
4.6	FAKTOR BEDA NOMINAL (RATED DIVERSITY FACTOR) .....	12
	DAFTAR I FAKTOR BEDA NOMINAL .....	13
4.7	FREKUENSI NOMINAL .....	13
BAB 5	KETERANGAN YANG HARUS DICANTUMKAN PADA PHB .....	13
5.1	PELAT NAMA .....	14
5.2	PENANDAAN .....	14
BAB 6	KONDISI PELAYANAN .....	15
6.1	KONDISI PELAYANAN NORMAL .....	15
6.2	KONDISI PELAYANAN KHUSUS .....	16
6.3	KONDISI SELAMA PENGANGKUTAN, PENYIMPANAN dan PE- MASANGAN .....	17



BAB	7	RANCANGAN DAN KONSTRUKSI .....	17
	7.1	RANCANGAN MEKANIS .....	17
	7.2	SELUNGKUP DAN TINGKAT PERLINDUNGAN .....	20
	7.3	KENAIKAN SUHU .....	21
		DAFTAR II KENAIKAN SUHU .....	22
	7.4	USAHA PERLINDUNGAN TERHADAP KEJUTAN LISTRIK .....	23
	7.5	PENGAMAN HUBUNG SINGKAT DAN KETAHANAN HUBUNG SINGKAT	37
	7.6	KOMPONEN YANG DIPASANG PADA PHB .....	41
	7.7	Pemisahan bagian dalam PHB dengan penghalang atau penyekat .....	46
	7.8	HUBUNGAN DAN SAMBUNGAN LISTRIK DALAM PHB, REL DAN HANTARAN ISOLASI .....	47
		LAMPIRAN A PENAMPANG MINIMUM DAN PENAMPANG MAKSIMUM HANTARAN TERBAGA YANG COCOK UNTUK PENYAMBUNGAN .....	49
		LAMPIRAN B METODA MENGHITUNG LUAS PENAMPANG HANTAR- AN PELINDUNG BERKUALITAS DENGAN STRES THERMIS YANG DI- AKIBATKAN OLEH ARUS SINGKAT .....	51
		LAMPIRAN C DIAGRAM SKEMATIS .....	52
GAMBAR	1	PHB JENIS TERBUKA .....	52
GAMBAR	2	PHB JENIS DEPAN TERTUTUP .....	53
GAMBAR	3	PHB JENIS KUBIKEL .....	54
GAMBAR	4	PHB JENIS MULTI KUBIKEL .....	55
GAMBAR	5	PHB JENIS BANGKU .....	56
GAMBAR	6	PHB JENIS MULTI KOTAK .....	57
GAMBAR	7	SISTEM SALURAN REL .....	58
GAMBAR	8	KERANGKA PEMASANGAN .....	59
GAMBAR	9	BAGIAN TETAP .....	60
GAMBAR	10	BAGIAN YANG DAPAT DILEPAS .....	61





PERLENGKAPAN HUBUNG-BAGI DAN KONTROL RAKITAN PABRIK (PHB) UNTUK TEGANGAN RENDAH

1. U M U M

1.1. RUANG LINGKUP

Standar ini berlaku untuk Perlengkapan hubung-bagi dan kontrol rakitan pabrik, untuk tegangan rendah dengan tegangan nominal tidak melebihi 1000 V a.b.b. dengan frekuensi tidak melebihi 1000 Hz atau 1200 V a.s. ini berlaku untuk Perlengkapan hubung bagi dan kontrol rakitan pabrik yang terpasang tetap maupun bergerak, dengan atau tanpa selungkup.

Catatan : Persyaratan-persyaratan tambahan untuk sistem saluran rel akan diberikan di dalam standar pelengkap.

Standar ini berlaku juga untuk Perlengkapan hubung-bagi dan Kontrol rakitan pabrik yang direncanakan untuk digunakan pada keadaan-keadaan pemakaian yang bersifat khusus, yaitu : di kapal laut, kereta ril, peralatan pengangkat atau dalam lingkungan yang mudah meledak dan untuk alat-alat rumah tangga asalkan syarat-syarat tambahan yang ada hubungannya dipenuhi.

Semua peralatan dan komponen yang digunakan dalam Perlengkapan hubung-bagi dan kontrol harus memenuhi standar yang bersangkutan.

1.2. SASARAN

Sasaran standar ini ialah untuk menetapkan definisi dan kondisi operasi, kondisi konstruksi, sifat-sifat teknis dan pengujian untuk Perlengkapan hubung-bagi dan Kontrol rakitan pabrik untuk tegangan rendah.

2. DEFINISI

Untuk keperluan standar ini, digunakan definisi-definisi sebagai berikut.

2.1. DEFINISI UMUM

2.1.1. Rakitan perlengkapan hubung-bagi dan kontrol tegangan rendah.



Suatu kombinasi dari satu atau lebih peralatan switching tegangan rendah dengan peralatan kontrol, ukur, pengamanan dan pengatur yang berhubungan.

Keseluruhannya dirakit lengkap dengan pengabelan listrik dan interkoneksi mekanik serta bagian penyangganya ( lihat ayat 2.4 ).

#### 2.1.2

Perlengkapan hubung-bagi dan Kontrol rakitan pabrik untuk tegangan rendah (PHB)

Suatu rakitan yang dibangun dan dirakit di bawah tanggung jawab pembuat dan sesuai dengan tipe tertentu atau standar tanpa penyimpangan, yang mungkin dapat dipergunakan dalam sifat teknis sesuai berarti, dari rakitan dasar yang telah diverifikasi sesuai dengan standar ini.

Catatan : 1. Dalam standar ini, singkatan PHB digunakan untuk Perlengkapan hubung-bagi dan Kontrol rakitan pabrik untuk tegangan rendah.

2. Oleh karena berbagai alasan, misalnya : pengangkutan atau produksi, tahap-tahap tertentu dari perakitan mungkin dilakukan di luar pabrik pembuat PHB.

Perakitan demikian itu dapat dianggap sebagai rakitan pabrik bilamana pelaksanaan perakitannya sesuai dengan petunjuk-petunjuk pembuat sedemikian rupa yang menjamin terpenuhinya standar ini, termasuk ketahanan pengoperasian untuk pengujian rutin yang berlaku.

#### 2.1.3

Rangkaian Utamanya (dari suatu rakitan)

Semua bagian penghubung dari suatu rakitan yang terdapat dalam rangkaian yang terdapat dalam standar ini dan dimaksudkan untuk menyalurkan tenaga listrik utama.

#### 2.1.4

Rangkaian Perantara (dari suatu rakitan)

Semua bagian penghubung dari suatu rakitan yang terdapat dalam suatu rangkaian yang dimaksud untuk kontrol, pengamanan, sinyal, pengaturan, dan lain-lain.





Catatan : Rangkaian-rangkaian Kontrol dan pembantu dari peralatan switching termasuk dalam rangkaian-rangkaian pembantu suatu rakitan.

2.1.5 Unit fungsional

Suatu rakitan yang terdiri dari semua unsur-unsur di dalam rangkaian utama dan rangkaian pembantu suatu PHB yang menyebabkan terperuhnya fungsi yang dimaksud.

2.1.6 Unit Masuk (Suplai)

Suatu unit fungsional yang lazimnya menyalurkan tenaga listrik ke dalam PHB.

2.1.7 Unit Ke luar

Suatu unit fungsional yang lazimnya menyalurkan tenaga listrik ke satu atau lebih rangkaian ke luar.

2.1.8 Kelompok fungsional

Suatu kelompok dari beberapa unit fungsional yang saling tersambung secara listrik untuk memenuhi fungsi operasionalnya.

2.1.9 Keadaan pengujian

Suatu kondisi dari PHS atau bagiannya, di mana suatu jarak pisah dalam rangkaian utamanya telah diadakan, sedangkan rangkaian pembantunya tersambung dan memungkinkan pengujian bekerjanya peralatan yang bersangkutan.

2.2 DEFINISI MENGENAI UNIT KONSTRUKSI PHS

2.2.1 Seksi (lihat gambar-4)

Suatu unit konstruksi dari suatu PHS antara dua batas vertikal yang berdampingan.

2.2.2 Sub-seksi

Suatu unit konstruksi dari suatu PHS antara dua batas horizontal yang berdampingan dalam suatu seksi.

2.2.3 Kompartemen

Suatu seksi atau sub-seksi yang tersolungkup kecuali bagian-



bagiannya yang diperlukan untuk penyambungan, kontrol atau ventilasi.

2.2.4 Seksi terlindung atau sub-seksi

Suatu seksi atau sub-seksi yang dilengkapi dengan pelindung yang direncanakan dan diatur untuk mengamankan terhadap sen tuhan tak disengaja dengan perlengkapan yang berdampingan pada waktu menangani elemen-elemen di dalam seksi atau sub-seksi.

2.2.5 Unit Transportasi

Suatu bagian dari atau suatu PHB yang lengkap yang oook untuk transportasi tanpa dibongkar.

2.2.6 Bagian tetap (lihat gambar-9)

Bagian terdiri dari komponen-komponen yang dirakit berikut pengawatan pada suatu penyangga umum dan yang dirancang untuk pemasangan tetap (lihat ayat : 7.6.3).

2.2.7 Bagian yang dapat dilepas

Suatu bagian yang dapat dilepaskan seluruhnya dari suatu PHB dan diganti meskipun rangkaian utamanya bertegangan.

2.2.8 Bagian yang dapat ditarik

Suatu bagian yang dapat dilepas yang dapat digerakkan ke - suatu kedudukan yang mengadakan jarak pisah, sementara tetap terpasang secara mekanis pada PHB.

Catatan : Jarak pisah ini dapat diadakan pada rangkaian utama saja (lihat ayat : 2.2.10) atau pada rangkaian utama dan rangkaian pembantunya (lihat ayat : 2.2.11).

2.2.9 Kedudukan tersambung

Kedudukan dari suatu bagian yang dapat dilepas pada waktu tersambung penuh untuk fungsi yang dimaksud.

2.2.10 Kedudukan pengujian

Suatu kedudukan dari bagian yang dapat ditarik di mana suatu





jarak pisah (lihat ayat : 7.1.22) diadakan, sedangkan rangkaian pembantunya tetap tersambung sehingga memungkinkan pengujian bekerjanya bagian yang dapat ditarik tersebut yang secara mekanis tetap terpasang kepada PHB.

#### 2.2.11

##### Kedudukan terpisah

Suatu kedudukan dari bagian yang dapat ditarik di mana suatu jarak pisah (lihat ayat : 7.1.22) telah diadakan pada rangkaian utama dan pembantu, sedangkan bagian yang dapat ditarik secara mekanis tetap terpasang pada PHB.

#### 2.2.12

##### Kedudukan terlepas

Kedudukan dari bagian yang dapat dilepas pada waktu berada di luar dan secara mekanis terpisah dari PHB.

### 2.3

#### DEFINISI TENTANG RANGKAIAN BAGIAN LUAR PHB

#### 2.3.1

##### PHB jenis terbuka (lihat gambar-1)

Suatu PHB yang terdiri susunan penyangga yang menyangga peralatan listrik, di mana bagian yang bertegangan dari peralatan listrik tersebut dapat dijangkau.

#### 2.3.2

##### PHB jenis depan tertutup (lihat gambar-2)

Suatu PHB jenis terbuka dengan penutup depan yang menjamin pengamanan terhadap sentuhan dengan bagian-bagian yang bertegangan dari arah depan.

Bagian yang bertegangan masih dapat dijangkau dari sisi lainnya.

#### 2.3.3

##### PHB jenis tertutup

Suatu PHB yang semua sisi-sisinya tertutup (termasuk sisi atas pada permukaan penutupannya) sedemikian rupa sehingga minimum memenuhi tingkat perlindungan IP 20.

#### 2.3.4

##### PHB jenis Kubikel (lihat gambar-3)

Suatu PHB tertutup pada prinsipnya merupakan tipe berdiri di atas lantai, yang dapat terdiri dari beberapa seksi, sub-seksi atau kompartemen.



- 2.3.5 PHB jenis Multi Kubikel (lihat gambar-4)  
Suatu kombinasi dari sejumlah kubikel yang disambung secara mekanik.
- 2.3.6 PHB jenis bangku (lihat gambar-5)  
Suatu PHB tertutup, dengan suatu panel kontrol yang datar atau miring atau suatu kombinasi ke dua-duanya, yang merupakan gabungan dari kontrol, pengukuran, sinyal, dan lain-lain alat.
- 2.3.7 PHB jenis Kotak (lihat gambar-6)  
Suatu PHB tertutup, yang pada prinsipnya dimaksudkan untuk pemasangan pada bidang vertikal yang rata.
- 2.3.8 PHB jenis Multi Kotak (lihat gambar-6)  
Suatu kombinasi dari kotak-kotak yang tersambung bersama secara mekanis, dengan atau tanpa rangka penyangga umum, dan hubungan listrik antara 2 kotak yang berdampingan melalui bagian terbuka dari sisi yang berimpitan.
- 2.3.9 Sistem saluran rel (lihat gambar-7)  
PHB dalam bentuk suatu sistem hantaran yang terdiri dari satu atau lebih rel yang diberi jarak antara dan disangga oleh bahan-bahan isolasi dalam suatu saluran, palungan, selungkup atau yang sejenis, PHB tersebut tersusun dari unit-unit yang mengandung fasilitas cabang ke luar serta peralatan lainnya maupun tidak.
- 2.4 DEFINISI MENGENAI BAGIAN-BAGIAN KERANGKA DARI PHB
- 2.4.1 Kerangka penyangga (lihat gambar-1)  
Suatu kerangka yang merupakan bagian dari PHB dan dirancang untuk menyangga bermacam-macam komponen dari suatu PHB berikut selungkupnya jika ada.
- 2.4.2 Kerangka pemasangan (lihat gambar-8)  
Suatu kerangka yang tidak merupakan bagian dari suatu PHB dan dirancang untuk menyangga suatu PHB jenis tertutup.





- 2.4.3 Panel Pemasangan (lihat gambar-9)
- Suatu panel yang dirancang untuk menyangga berbagai komponen dan cocok pemasangan dalam suatu PHB.
- 2.4.4 Rangka pemasangan (lihat gambar-9)
- Suatu panel yang dirancang untuk menyangga berbagai komponen dan cocok untuk pemasangan dalam suatu PHB.
- 2.4.5 Selungkup
- Bagian dari suatu PHB yang dimaksud untuk menghindarkan sesuatu yang tidak disengaja oleh orang dengan bagian yang bertegangan atau bergerak yang berada di dalamnya dan melindungi peralatan di dalam terhadap pengaruh luar.
- 2.4.6 Penutup
- Bagian dari selungkup luar suatu PHB.
- 2.4.7 Pintu
- Penutup berengsel atau gesor.
- 2.4.8 Penutup yang dapat dilepas
- Suatu penutup yang dirancang untuk menutup bagian terbuka pada selungkup luar dan dapat dilepas untuk melaksanakan pelayanan tertentu dan pekerjaan pemeliharaan.
- 2.4.9 Pelat penutup
- Bagian dari suatu PHB (umumnya PHB jenis kotak; lihat ayat : 2.3.7) yang dimaksud untuk menutup bagian terbuka pada selungkup luar dan dirancang untuk pemasangan dengan sokrup atau cara yang sejenis.
- Pelat penutup ini lazimnya tidak dilepas setelah peralatan tersebut dalam keadaan operasi.
- 2.4.10 Dinding pemisah
- Bagian selungkup dari suatu kompartemen yang memisahkan dari kompartemen lain.
- 2.4.11 Rintangan pelindung
- Bagian yang dirancang memberikan perlindungan terbatas



terhadap sentuhan dengan bagian bertegangan, busur api dari peralatan switching dan sejenisnya.

2.4.12 Kelopak pelindung

Suatu bagian yang dapat digerakkan antara kedudukan yang memungkinkan hubungan antara kontak yang bergerak dengan kontak yang tetap dan kedudukan di mana ia menjadi bagian dari suatu pemutus atau suatu dinding perisai kontak tetap itu.

2.4.13 Tempat kabel masuk

Suatu bagian yang berlubang yang memungkinkan kabel masuk ke dalam PHB.

Catatan : Suatu tempat kabel masuk dapat juga dirancang sebagai ujung pemutus kabel (cable sealing end).

2.5. DEFINISI MENGENAI PERSYARATAN PEMASANGAN PHB

2.5.1 Pasangan dalam

Suatu PHB untuk pasangan dalam adalah suatu rakitan yang dirancang untuk digunakan pada lokasi yang memenuhi persyaratan pelayanan yang lazim untuk pasangan dalam sesuai ayat 6.1 standar ini.

2.5.2 Pasangan luar

Suatu PHB untuk pasangan luar adalah suatu rakitan yang dirancang untuk digunakan pada lokasi yang memenuhi persyaratan pelayanan yang lazim untuk pemasangan luar sesuai ayat 6.1 standar ini.

2.5.3 Pasangan tetap

Suatu PHB yang dirancang untuk dipasang tetap pada tempatnya misalnya pada lantai atau pada dinding, dan di gunakan di tempat tersebut.

2.5.4 Pasangan tidak tetap

Suatu PHB yang dirancang sedemikian rupa sehingga setiap waktu dapat diindahkan dari tempat pemasangan yang satu ke tempat yang lain.





## 2.6 DEFINISI MENGENAI TINDAKAN PERLINDUNGAN TERHADAP KEJUTAN LISTRIK

### 2.6.1 Bagian bertegangan

Setiap hantaran atau bagian penghantar yang bertegangan pada kondisi kerja normal.

Catatan : Hantaran netral dan bagian penghantar yang tersambung padanya juga termasuk bagian bertegangan, kecuali hantaran netral tersebut merupakan juga hantaran pelindung.

### 2.6.2 Bagian penghantar yang terbuka

Suatu bagian penghantar yang mudah dapat disentuh termasuk juga bagian yang tidak bertegangan tetapi dapat menjadi bertegangan bila terjadi gangguan.

### 2.6.3 Hantaran pelindung

Suatu hantaran yang digunakan dalam tindakan-tindakan perlindungan terhadap kejutan listrik ketika terjadi suatu gangguan dan untuk menghubungkan bagian penghantar yang terbuka dengan :

- Bagian penghantar yang terbuka lainnya.
- Bagian penghantar lainnya yang tidak merupakan bagian dari PHB atau peralatan listrik lainnya (bagian penghantar yang luar biasa).
- Elektroda tanah, suatu hantaran netral yang ditanahkan atau bagian bertegangan yang ditanahkan.

### 2.6.4 Hantaran Netral

Suatu hantaran yang dihubungkan dengan titik netral dan bertujuan untuk menyalurkan arus listrik.

Catatan : Dalam beberapa hal, fungsi dari hantaran netral dan hantaran pelindung dapat disatukan menjadi hantaran yang sama, dalam kondisi tertentu.



2.6.5 Arus gangguan

Arus yang terjadi akibat kegagalan isolasi atau isolasi ter-  
jembatani.

2.6.6 Arus gangguan tanah

Arus gangguan yang mengalir ke tanah.

2.6.7 Perlindungan terhadap kejutan listrik dalam keadaan normal.

Pencegahan sentuhan berbahaya dari manusia terhadap bagian  
bertegangan.

2.6.8 Perlindungan terhadap kejutan listrik.

Pencegahan sentuhan berbahaya dari manusia terhadap bagian  
penghantar yang terbuka.

2.7 GANG DALAM PHB

2.7.1 Gang kerja dalam suatu PHB

Adalah gang yang harus digunakan oleh operator untuk penga-  
wasan dan operasi PHB secara baik.

3. KLASIFIKASI PHB

PHB diklasifikasikan sesuai dengan :

- Rancangan bagian luar (lihat ayat 2.3)
- Tempat pemasangan (lihat ayat 2.5.1 dan 2.5.2)
- Kondisi pemasangan dan kemungkinan untuk dipin -  
dahkan (lihat ayat 2.5.3 dan 2.5.4)
- Tingkat perlindungan (lihat ayat 7.2.1)
- Jenis selungkup
- Cara pemasangan; umpama : peralatan tetap atau  
bergerak (lihat ayat 7.6.3 dan 7.6.4)
- Tingkat perlindungan terhadap manusia (lihat a-  
yat 7.4)

4. KARAKTERISTIK LISTRIK PHB

4.1 TEGANGAN NOMINAL

Tegangan nominal suatu PHB ditentukan oleh tegangan nominal



dari berbagai rangkaianannya, sebagai berikut :

#### 4.1.1

Tegangan kerja nominal ( $U_c$ ) suatu rangkaian dari PHB adalah suatu nilai tegangan, yang dikombinasikan dengan arus nominalnya menentukan pemakaian dari rangkaian tersebut.

Untuk rangkaian berfasa banyak, tegangan kerja nominal dinyatakan dengan tegangan antar fasa.

Catatan : Nilai standar dari tegangan nominal suatu rangkaian kontrol, diatur dalam standar yang relevan untuk peralatan yang bersangkutan.

Pembuat PHB harus menyatakan batas-batas tegangan agar rangkaian utama dan rangkaian pembantu berfungsi sebagaimana mestinya. Bagaimanapun juga batas-batas ini harus sedemikian rupa supaya tegangan pada terminal rangkaian kontrol dari komponen-komponen yang bersangkutan dipertahankan pada keadaan beban normal dan dalam batas-batas yang dinyatakan dalam standar yang relevan.

#### 4.1.2

##### Tegangan Isolasi Nominal

Tegangan isolasi nominal ( $U_i$ ) suatu rangkaian dari PHB adalah nilai tegangan yang menentukan klasifikasi, dan menjadi dasar untuk pengujian dielektrik, jarak bebas dan jarak rambat. Keduali dinyatakan lain oleh pembuatnya, maka nilai tegangan kerja nominal dari setiap rangkaian dalam PHB, tidak boleh melebihi tegangan isolasi nominalnya. Dengan ketentuan bahwa tegangan kerja dari setiap rangkaian dalam PHB tidak akan melebihi nilai 110 % dari tegangan isolasi nominalnya sekalipun hanya temporer.

#### 4.2

##### ARUS NOMINAL

Arus nominal suatu rangkaian dari PHB, dinyatakan oleh pembuat berdasarkan pertimbangan kemampuan nominal komponen peralatan listrik yang berada dalam rangkaian rakitan tersebut penempatan dan penggunaannya.

Bila diuji, arus ini harus dapat disalurkan tanpa menyebabkan kenaikan suhu dari bagian rangkaian, melebihi batas yang





ditentukan dalam ayat 7.3 (Daftar-II).

#### 4.3 ARUS KETAHANAN SINGKAT NOMINAL

Arus ketahanan singkat nominal suatu rangkaian dalam PHB adalah nilai arus efektif yang dapat dialirkan melalui rangkaian ini selama waktu tertentu pada kondisi pengujian yang disyaratkan dalam standar pengujian PHB.

Bila tidak dinyatakan lain : maka waktunya adalah 1 detik.

Catatan : Bila waktunya lebih singkat dari 1 detik, maka baik besarnya arus ketahanan singkat nominal maupun waktunya harus dinyatakan.

Misalnya : 20 K., 0,2 detik.

#### 4.4 ARUS KETAHANAN PUNCAK NOMINAL

Arus ketahanan puncak nominal suatu rangkaian dalam PHB, adalah nilai arus puncak yang dapat ditahan oleh rangkaian ini, pada kondisi pengujian yang disyaratkan dalam standar pengujian PHB.

#### 4.5 ARUS HUBUNG SINGKAT NOMINAL BERSYARAT

Arus hubung singkat nominal bersyarat suatu rangkaian dari PHB adalah nilai dari arus yang seharusnya terjadi pada rangkaian ini yang diamankan dengan alat pembatas arus dan dapat ditahan dengan memuaskannya selama waktu kerja dari alat pembatasnya pada kondisi pengujian sesuai standar.

Catatan : Untuk arus bolak balik; nilai arus ini adalah nilai efektif dari komponen arus bolak-baliknya.

##### 4.5.1 Arus hubung singkat nominal pengaman lebur

Arus hubung singkat nominal pengaman lebur suatu rangkaian dari suatu PHB adalah arus hubung singkat nominal bersyarat bila alat pembatas arusnya adalah pengaman lebur.

#### 4.6 FAKTOR BEDA NOMINAL (RATED DIVERSITY FACTOR)

Faktor beda nominal dari suatu PHB atau sebagian dari suatu PHB yang mempunyai beberapa rangkaian utama (misalnya suatu



seksi atau sub-seksi) adalah perbandingan antara jumlah maksimum arus yang diperkirakan setiap saat dari semua rangkaian utama yang terlibat, dengan jumlah arus nominal pada semua rangkaian utama dari PHB atau bagian yang dipilih dari PHB.

Catatan : Bila pembuat menyatakan faktor beda nominal, maka faktor ini harus digunakan dalam pengujian kenaikan suhu.

Bila hal tersebut tidak dinyatakan, maka nilai yang lazim di bawah ini dapat digunakan :

#### DAFTAR - I

JUMLAH RANGKAIAN UTAMA	FAKTOR BEDA
2 dan 3	0,9
4 dan 5	0,8
6 s/d 9	0,7
10 dan selobihnya	0,6

#### 4.7 FREKUENSI NOMINAL

Frekuensi Nominal dari suatu PHB adalah nilai frekuensi yang menentukan klasifikasi dan kondisi kerja yang berhubungan. Bila rangkaian-rangkaian dalam suatu PHB dirancang untuk nilai frekuensi yang berlainan; maka frekuensi nominal dari tiap rangkaian harus dinyatakan.

Catatan : Frekuensi yang dipilih harus berada dalam batas yang dinyatakan dalam standar IEC yang relevan untuk komponen yang bersangkutan. Kecuali dinyatakan lain oleh pembuat PHB; batas tersebut adalah 98 % dan 102 % dari frekuensi nominalnya.

#### 5. KETERANGAN YANG HARUS DICANTUMKAN PADA PHB

Keterangan berikut ini harus dicantumkan oleh pembuat. Bagi keterangan yang tidak dicantumkan pada plat nama harus





diberikan dengan cara lain yang cocok.

## 5.1

### (PELAT NAMA)

Setiap PHB harus dilengkapi dengan satu atau lebih pelat nama; ditandai dengan cara yang dapat bertahan lama dan diletakkan tempat yang masih terlihat dan terbaca bila PHB telah terpasang. Keterangan yang harus diberikan pada pelat nama adalah sebagai berikut :

- a. Nama pembuat atau merek dagang.
- b. Tipe atau nomor pengenal yang memungkinkan memperoleh keterangan relevan dari pembuat.

Keterangan berikut ini dapat ditambahkan pada pelat nama; pada dokumen yang relevan; diagram rangkaian pada daftar atau kata-luk pembuat, yaitu :

- c. Jenis arus (dan frekwensi bila arus bolak balik).
- d. Tegangan kerja nominal (lihat ayat 4.1.1).
- e. Tegangan isolasi nominal (lihat ayat 4.1.2).
- f. Tegangan nominal rangkaian pembantu (bila digunakan).
- g. Batas-batas kerja (lihat pasal 4).
- h. Arus nominal pada tiap rangkaian (bila dipergunakan, lihat ayat 4.2).
- i. Kekuatan hubung singkat (lihat ayat 7.5.2).
- j. Tingkat perlindungan (lihat ayat 7.2.1).
- k. Sarana perlindungan terhadap manusia (lihat ayat 7.4).
- l. Kondisi kerja untuk pasangan dalam; pasangan luar atau pasangan khusus, bila berada dengan kondisi kerja yang lazim seperti diuraikan dalam ayat 6.1
- m. Dimensi (lihat gambar 3 dan 4) disarankan dengan urutan : tinggi, lebar (atau panjang) dan dalam.
- n. Berat.

## 5.2

### PENANDAAN

Di bagian dalam PHB tiap rangkaian dan alat pengamanannya sedapat mungkin diberi tanda pengenal. Tanda pengenal dari bagian peralatan PHB harus sesuai dengan tanda-tanda di dalam diagram



pengawatan yang diserahkan bersama-sama PHB.

### 5.3

#### PETUNJUK PEMASANGAN, PETUNJUK OPERASI DAN PETUNJUK PEMELIHARAAN

Pembuat harus menguraikan dalam dokumentasi atau katalog tentang persyaratan pemasangan, operasi dan pemeliharaan, dari PHB beserta peralatan yang beradadi dalamnya.

Bilamana perlu, dalam petunjuk-petunjuk untuk pengangkutan, pemasangan dan operasi di atas dicantumkan langkah-langkah yang penting untuk pemasangan, komisioning dan operasi PHB yang benar.

Di mana diperlukan pada dokumen-dokumen di atas dinyatakan frekuensi dan lingkup pemeliharaan yang dianjurkan.

Bila tidak jelas rangkaianannya dilihat dari susunan fisik peralatan yang terpasang, harus dilampirkan keterangan yang menjelaskan, misalnya diagram pengawatan atau daftar-daftar.

## 6

### KONDISI PELAYANAN

### 6.1

#### KONDISI PELAYANAN NORMAL

PHB yang mengikuti standar ini dimaksud untuk digunakan dalam kondisi pelayanan sebagai berikut :

Catatan : Bila menggunakan komponen-komponen yang tidak untuk kondisi ini misalnya rele, peralatan elektronik, maka harus diambil langkah yang perlu untuk menjamin operasi yang benar (lihat ayat 7.6.2.4 dan paragraf 2).

#### 6.1.1

Suhu Udara keliling

#### 6.1.1.1

Suhu udara keliling untuk pasangan dalam

Suhu udara keliling tidak melebihi  $+ 40^{\circ}\text{C}$  dan rata-ratanya dalam 24 jam tidak melebihi  $+ 35^{\circ}\text{C}$ . Batas suhu udara keliling yang terendah adalah  $- 5^{\circ}\text{C}$ .

#### 6.1.1.2

Suhu udara keliling untuk pasangan luar

Suhu udara keliling tidak melebihi  $+ 40^{\circ}\text{C}$  dan rata-rata 24



jam tidak melebihi  $+ 35^{\circ}\text{C}$ . Batas suhu udara keliling adalah  $- 25^{\circ}\text{C}$ . Untuk motor-motor, rele dan lain-lain lihat ayat 7.6.2.4

6.1.2 Kondisi Udara

6.1.2.1 Kondisi Udara untuk pasangan dalam

Udara bersih dan lembab nisbinya tidak melebihi 50 % pada suhu max.  $+ 40^{\circ}\text{C}$ . Lembab nisbi yang lebih besar diperkenankan pada suhu yang lebih rendah misalnya 90 % pada  $+ 20^{\circ}\text{C}$ . Harus diatasi akibat dari pengembunan yang sedang, yang sewaktu-waktu dapat terjadi karena perubahan suhu.

6.1.2.2 Kondisi udara untuk pasangan luar

Lembab nisbinya boleh mencapai 100 % pada suhu max.  $+ 25^{\circ}\text{C}$ .

6.1.3 Tinggi tempat

Ketinggian dari tempat pemasangan tidak melebihi 2000 m.

6.2 KONDISI PELAYANAN KHUSUS

Kondisi pelayanan dikatakan khusus, bila :

6.2.1 Nilai suhu, lembab nisbi dan atau tinggi tempat berbeda dengan nilai-nilai yang tercantum pada ayat 6.1

6.2.2 Penggunaan pada keadaan di mana suhu dan atau tekanan udara berubah dengan kecepatan sedemikian rupa hingga memungkinkan terjadinya pengembunan yang luar biasa di dalam PID.

Catatan : Disesuaikan dengan data-data yang sesuai untuk Indonesia.

6.2.3 Udara tercemar luar biasa oleh debu, asap, partikel korosif mudah berkarat atau radioaktif, uap-uap atau garam.

6.2.4 Di bawah pengaruh medan listrik atau medan magnet yang kuat.

6.2.5 Di bawah pengaruh suhu ekstrim, misalnya : radiasi matahari atau tungku.

6.2.6 Diserang jamur atau binatang kecil (misalnya : serangga).





- 6.2.7 Pemasangan di tempat-tempat di mana ada bahaya kebakaran atau ledakan.
- 6.2.8 Di bawah pengaruh getaran kuat atau goncangan
- 6.2.9 Pemasangan sedemikian rupa hingga kapasitas mengalirkan arus atau kapasitas pemutus arus terganggu. Misalnya : peralatan yang ditempatkan di dalam mesin atau dipasang di dalam dinding. Bilamana terdapat salah satu kondisi pelayanan yang khusus ini, maka PHB harus memenuhi persyaratan untuk kondisi tersebut atau dengan perjanjian khusus antara pemakai dan pembuat. Pemakai harus memberitahukan pembuat bila terdapat kondisi pelayanan khusus.
- 6.3 KONDISI SELAMA PENGANGKUTAN, PENYIMPANAN DAN PEMASANGAN
- Bila kondisi selama pengangkutan, penyimpanan dan pemasangan berlainan dengan yang dinyatakan dalam ayat 6.1. misalnya : suhu dan kondisi kelembabannya, maka harus dibuat suatu perjanjian khusus antara pemakai dan pembuat.
7. RANCANGAN DAN KONSTRUKSI
- 7.1 RANCANGAN MEKANIS
- 7.1.1 Umum
- PHB harus dibuat dari bahan yang tahan terhadap tekanan mekanis, elektrik dan termis, di samping itu tidak menjadi rusak karena akibat kelembaban pada kondisi kerja normal. Perlindungan terhadap korosi harus dijamin dengan bahan yang cocok atau dengan penggunaan lapisan pelindung yang setaraf pada permukaan yang mungkin terkena korosi dengan memperhatikan kondisi pemakaian dan pemeliharaan yang dikehendaki. Semua selang, sekat pemisah harus memiliki kekuatan mekanis yang cukup tahan terhadap tekanan-tekanan mekanis yang mungkin dialaminya pada kondisi kerja normal. Peralatan dan rangkaian dalam PHB harus disusun sedemikian rupa hingga memudahkan operasi dan pemeliharaan PHB tersebut. Di samping menjamin tingkat keamanan yang diperlukan.



hantaran dari kabel dari material yang dinyatakan untuk arus nominal yang dimaksud (lihat lampiran A), dapat disambung - kan.

Catatan : Dalam beberapa keadaan, pemakaian hantaran aluminium dapat mengurangi arus nominal suatu rangkaian.

7.1.3.3 Ruang yang disediakan untuk penyambungan hantaran luar dari bahan yang ditentukan harus memungkinkan penyambungan yang baik dari dalam hal kabel berinti banyak, harus memungkinkan penguraian intinya.

7.1.3.4 Bila tidak ada perjanjian antara pembuat dan pemakai perihal rangkaian 3 fasa dengan netral, maka terminal untuk hantaran netral harus memungkinkan penyambungan hantaran tembaga dengan kemampuan arus sama dengan :

- Setengah kemampuan arus hantaran fasa, dengan penampang minimum 16 mm<sup>2</sup> bila hantaran fasa berpenampang lebih besar dari 16 mm<sup>2</sup>.
- Sebesar kemampuan arus dari hantaran fasa bila hantaran fasa berpenampang 16 mm<sup>2</sup> atau lebih kecil.

Catatan : 1. Untuk hantaran lain yang bukan tembaga, luas penampang di atas harus diganti dengan luas penampang yang mempunyai daya hantar setara terminal yang sesuai.

2. Untuk pemakaian tertentu di mana arus pada hantaran netral dapat mencapai nilai yang tinggi, misalnya : pada instalasi penerangan lampu fluoresen, hantaran netral dapat dibuat sama besarnya dengan hantaran fasa atas permintaan pemakai.

7.1.3.5 Bila disediakan fasilitas penyambungan untuk hantaran perlindungan yang masuk dari ke luar; maka tempat penyambungannya harus diatur berdekatan dengan terminal hantaran fasa yang





bersangkutan.

- .1.3.6 Lubang pada tempat pemasukan kabel, pelat penutup dan se - ;  
bagainya harus dirancang demikian rupa sehingga bila kabel  
telah terpasang dengan baik, usaha perlindungan terhadap  
sentuhan dan tingkat perlindungan yang dimaksud terpenuhi.  
Termasuk dalam hal ini adalah pemilihan cara pemasukan ka-  
bel yang cocok dalam pemakaian sesuai ketentuan pembuat.
- .2 SELINGKUP DAN TINGKAT PERLINDUNGAN
- .2.1 Tingkat perlindungan
- 1.1 Tingkat perlindungan yang diberikan oleh suatu PHB terhadap  
sentuhan dengan bagian yang bertegangan dan kemungkinan ma-  
suknya benda padat dan cairan dinyatakan dengan tanda IP...  
..... sesuai dengan standar SNI-no.011 : 1977, mengenai :  
Tingkat Perlindungan selungkup Perlengkapan Hubungan Tegak  
dan Kontrol tegangan rendah.
- .2.1.2 Untuk PHB pasangan luar tanpa perlindungan pelengkap, angka  
sifat kedua paling sedikit "3".
- Catatan : Untuk pasangan luar, . perlindungan pelengkap  
dapat berupa atap pelindung atau sejenis.
- .2.1.3 Bila tidak dinyatakan lain, maka tingkat perlindungan yang  
dinyatakan oleh pembuat, berlaku untuk suatu PHB lengkap  
yang dipasang sesuai dengan petunjuk pembuat (lihat juga a-  
yat - 7.1.3.6) misalnya : bila diperlukan menutup muka pe -  
masangan yang terbuka dari suatu PHB.
- .2.1.4 Bila tingkat perlindungan suatu bagian dari PHB (misalnya :  
muka untuk mengoperasikan PHB) berbeda dari bagian lainnya,  
maka pembuat harus menyatakan tersendiri tingkat perlindung-  
an untuk bagian tersebut.
- Contoh : IP-00 — muka pengoperasian IP-20.
- .2.2 Tindakan sehubungan dengan kelembaban udara
- Dalam hal suatu PHB untuk pasangan luar dan PHB berselung -  
kup untuk pasangan dalam yang akan digunakan pada tempat -



tempat dengan kelembaban tinggi dan perubahan suhu besar; harus diadakan tindakan yang sesuai untuk mencegah pengembunan yang merugikan dalam PHB, misalnya : dengan ventilasi, pemanasan dalam dan lain-lain.

Selain itu tingkat perlindungan yang dinyatakan harus pula dipertahankan (untuk peralatan yang terpasang di dalam lihat ayat 7.6.2.4)

### 7.3

#### KENAIKAN SUHU

PHB yang diuji sesuai dengan standar pengujian PHB tidak boleh melampaui batas kenaikan suhu yang diberikan dalam daftar berikut :



## DAFTAR - II

<u>REKAMAN-BAGIAN PHB</u>	<u>KENAIKAN SUHU DALAM DERAJAT C.</u>
Peralatan yang terpasang di dalam	Sesuai dengan spesifikasi yang berlaku bagi peralatan yang bersangkutan.
Terminal bagi hantaran luar berisolasi.	70 (1)
Rel dan hantaran dari tembaga dan aluminium.	Dibatasi oleh : <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kekuatan mekanik bahan peng-hantar.</li> <li>- Akibat yang mungkin terjadi pada peralatan yang berdampingan.</li> <li>- Batas suhu yang diizinkan dari bahan isolasi yang menempel pada hantaran.</li> </ul>
<u>Sarana operasi manual :</u>	
Dari bahan logam	15 (2)
Dari bahan isolasi	25
<u>Selungkup luar dan tutup yang dapat dijangkau :</u>	
Permukaan berbahan logam	30 (3)
Permukaan berbahan isolasi	40

(1) Batas kenaikan suhu 70°C adalah suatu nilai yang berdasarkan pada pengujian yang lazim sesuai standar pengujian PHB.

PHB yang dipakai atau diuji dalam kondisi pemasangan, dapat memiliki sambungan yang lonis; sifat dan kedudukannya berlainan dengan yang digunakan dalam pengujian, sehingga mungkin terjadi suatu kenaikan suhu terminal yang berbeda. Hal ini dapat diterima atau disyaratkan lain.





- (2) Sarana operasi manual pada PHB, yang dapat dijangkau setelah PHB dibuka, misalnya : handel darurat, handel perarik yang jarang digunakan, diizinkan untuk dinaikkan suhu yang lebih tinggi.
- (3) Jika tidak ditentukan lain, dalam hal tutup dan selungkup yang terjangkau tetapi dalam operasi normal tidak perlu disentuh, batas kenaikan suhunya diizinkan  $10^{\circ}\text{C}$  lebih tinggi.

#### 7.4 USAHA PERLINDUNGAN TERHADAP KEJUTAN LISTRIK

Persyaratan berikut ini disusun demikian rupa, sehingga dicapai perlindungan yang diperlukan, bila suatu PHB dipasang pada suatu sistem yang sesuai dengan spesifikasi yang relevan.

##### 7.4.1 Perlindungan terhadap kejutan listrik dalam operasi normal

Perlindungan terhadap kejutan listrik dalam operasi normal dapat dicapai baik dengan susunan konstruksi PHB yang sepadan maupun dengan usaha lain yang dilakukan pada waktu pemasangan; untuk itu mungkin diperlukan penjelasan dari pembuat.

Catatan : Contoh dari usaha lain yang dilakukan : suatu PHB jenis terbuka tanpa perlengkapan lain harus dipasang dalam suatu lokasi yang hanya dapat dimasuki oleh petugas yang berwenang.

Satu atau lebih usaha perlindungan yang diuraikan di bawah ini, dapat dipilih dengan mempertimbangkan persyaratan yang termaktub dalam ayat-ayat berikutnya. Pemilihan usaha perlindungan didasarkan atas persetujuan antara pembuat dan pemakai.

Catatan : Informasi yang diberikan dalam katalog yang berlaku dari pembuat dapat dianggap sebagai pengganti dari persetujuan di atas.

##### 7.4.1.1 Perlindungan dengan sekat atau selungkup

Persyaratan berikut ini harus dipenuhi :

##### 7.4.1.1.1 Semua permukaan luar sedikitnya harus memenuhi tingkat perlindungan IP-20. Jarak antara pelindung mekanis yang diadakan



untuk penanganan dengan bagian bertegangan yang dilindunginya, tidak boleh kurang dari nilai jarak bebas dan rambat yang ditentukan dalam ayat 7.1.2 kecuali jika pelindung mekanis tersebut terbuat dari bahan isolasi.

7.4.1.1.2 Semua sekat dan selungkup harus dipasang kokoh di tempatnya. Dengan mempertimbangkan sifat, ukuran serta susunannya; sekat dan selungkup tadi harus memiliki stabilitas dan ketahanan yang cukup untuk menahan tegangan dan desakan mekanis yang dapat terjadi dalam operasi normal tanpa mengurangi jarak bebas sesuai dengan ayat 7.4.1.1.1

7.4.1.1.3 Bilamana diperlukan untuk melepaskan sekat, membuka selungkup atau penarikan bagian dari selungkup (pintu, kotak, penutup dan sejenisnya) harus dipenuhi salah satu dari persyaratan berikut :

- (a) Melepaskan, membuka atau menarik harus menggunakan kunci atau alat.
- (b) Semua bagian bertegangan yang secara tidak sengaja dapat disentuh setelah pintu dibuka, harus terputus hubungan listriknya sebelum pintu dapat dibuka.

Contoh : Dengan interlok antara pintu atau pintu-pintu dengan saklar pemisah sehingga pintu hanya dapat dibuka bila saklar pemisah dalam keadaan terbuka dan saklar pemisah tidak dapat dimasukkan bila pintu atau pintu-pintu dalam keadaan terbuka.

Jika untuk keperluan operasi PHB dilengkapi dengan suatu alat sehingga orang yang berwenang dapat mencapai bagian bertegangan, maka interlok tersebut harus berfungsi kembali secara otomatis pada saat pintu ditutup kembali.

- (c) Suatu PHB harus mencakup sekat pelindung dalam atau penutup penutup yang melindungi semua bagian bertegangan sedemikian sehingga jika pintu dibuka, tak dapat disentuh secara tidak sengaja. Sekat pelindung atau penutup



harus memenuhi persyaratan dalam ayat 7.4.1.1.1 (untuk pengecualian lihat butir-d) dan ayat 7.4.1.1.2

Sekat pelindung atau penutup tersebut di atas dipasang atau menggeser tempatnya sewaktu pintu dibuka dan tetap tidak mungkin dilepas tanpa menggunakan kunci atau alat.

Jika dipandang perlu diperlengkapi dengan tanda-tanda peringatan.

- (d) Di mana bagian-bagian yang berada di belakang sekat pelindung atau selungkup memerlukan penanganan sewaktu waktu (misalnya : penggantian lampu atau pengisian lebur); pelepasan pembukaan atau penarikan tanpa mempergunakan kunci atau alat serta tanpa memutuskan rangkaian listriknya hanya dimungkinkan jika syarat-syarat berikut dipenuhi :

- Di belakang sekat pelindung atau selungkup harus diadakan sekat pelindung kedua sedemikian rupa untuk mencegah orang secara tidak sengaja menyentuh bagian bertegangan yang tidak terlindung oleh tindakan lain.

Tetapi sekat pelindung ini tidak bertujuan untuk mencegah orang yang dengan sengaja akan menyentuh dengan menjangkau meliwati rintangan.

Sekat pelindung tersebut tidak dapat dilepas kecuali dengan menggunakan kunci atau alat.

- Bagian bertegangan yang memenuhi persyaratan keamanan bagi tegangan ekstra rendah (lihat ayat 7.4.1.3) tidak perlu disekat.

#### 7.4.1.2

Perlindungan dengan isolasi pada bagian bertegangan

Bagian bertegangan harus terbungkus seluruhnya dengan bahan isolasi yang hanya dapat dilepaskan dengan cara merusaknya.

Isolasi tersebut harus terbuat dari bahan yang sesuai.

Lapisan vernis, enamel atau bahan sejenis pada umumnya





tidak dapat dianggap sebagai isolasi yang memadai untuk perlindungan terhadap kejutan listrik dalam operasi normal.

Catatan : Sebagai contoh misalnya kabel dan komponen listrik yang terbungkus dalam isolasi.

7.4.1.4 Perlindungan dengan pembatasan tegangan  
(akan ditentukan kemudian)

7.4.1.5 Perlindungan dengan mengadakan jarak yang memadai  
Bagian bertegangan harus disusun pada suatu jarak sedemikian rupa, sehingga tidak mungkin tersentuh atau terjangkau dari semua tempat yang biasanya orang berada. Dalam penentuan jarak ini, harus diperhitungkan ukuran dan bentuk dari barang yang biasanya digunakan pada tempat bersangkutan.

7.4.1.6 Perlindungan dengan rintangan  
Perlindungan dengan rintangan telah terpenuhi apabila rintangan yang dimaksud menentang :

- Pendekatan tak disengaja pada bagian yang bertegangan misalnya dengan memasang soket, palang tangan atau kisi pelindung yang dapat merupakan bagian dari PHB atau bukan;
- atau sentuhan tak disengaja dengan bagian bertegangan pada waktu mengoperasikan peralatan bertegangan, misalnya dengan memberikan penutup atau tangkai pelindung pada pengaman lebur.

Catatan : Rintangan tersebut tidak menentang sentuhan yang disengaja misalnya bilamana seseorang menjangkau dengan tangannya melewati rintangan.

7.4.2 Perlindungan terhadap kejutan listrik ketika terjadi gangguan.

Pemakai harus menyatakan tindakan perlindungan yang ditetapkan pada instalasi dimana PHB tersebut digunakan. Dalam hal ini harap memperhatikan persyaratan keamanan sesuai PUIL 1977 bab 3; yang menjelaskan secara terperinci tindakan perlindungan terhadap bahaya kejutan listrik ketika terjadi



gangguan, misalnya dengan menggunakan hantaran pelindung.

#### 7.4.2.1

Perlindungan dengan rangkaian pelindung

Suatu rangkaian pelindung dalam PHE dapat terdiri dari hantaran pelindung terpisah maupun bagian kerangka yang menghantar atau kedua-duanya, yang mana mencakup hal-hal sebagai berikut :

- Perlindungan terhadap akibat gangguan yang terjadi dalam PHE.
- Perlindungan terhadap akibat gangguan yang terjadi pada rangkaian luar yang disuplai PHE.

Persyaratan yang harus dipenuhi, tercantum dalam ayat berikut :

##### 7.4.2.1.1

Konstruksi PHE harus menjadi kelangsungan listrik antar bagian penghantar yang terbuka (lihat ayat 7.4.2.1.5), dan antara bagian-bagian tersebut dengan rangkaian pelindung dari instalasi (lihat ayat 7.4.2.1.6).

##### 7.4.2.1.2

Deberapa bagian penghantar yang terbuka pada PHE yang tidak berbahaya.

- Baik karena tidak dapat disentuh pada permukaan yang luas atau terenggam tangan;
- Meskipun karena berukuran kecil (kira-kira 50 x 50 mm) atau terletak sedemikian rupa sehingga tidak mungkin terjalin hubungan listrik dengan bagian yang bertegangan;
- Tidak perlu dihubungkan dengan rangkaian pelindung. Hal tersebut berlaku untuk sekerup, paku keling dan papan tanda. Juga berlaku bagi elektromagnet dari kontraktor atau rele, inti magnet-trafo bagian pelepas tertentu dan lain-lain tanpa memandang ukurannya.

##### 7.4.2.1.3

Sarana untuk operasi manual (handel, roda-roda dan lain-lain) diharuskan :



- Terhubung secara listrik dengan rangkaian pelindung, secara kokoh dan permanen.
- atau dilengkapi dengan isolasi tambahan yang dapat menyekatnya dari bagian penghantar lain dari PHB. Isolasi ini sedikitnya harus berdaya isolasi setaraf dengan tegangan isolasi maksimum dari peralatan.

aik bila sarana untuk operasi, terbuat dari atau ter  
oleh bahan isolasi yang berdaya isolasi setaraf de-  
gangan isolasi maksimum dari peralatan bersangkutan.

7.4.2.1.4 Bagian-bagian logam yang terbungkus lapisan vernis atau e -  
namel pada umumnya belum dapat dianggap terisolasi dengan  
baik.

7.4.2.1.5 Kontinuitas rangkaian pelindung

Kontinuitas rangkaian pelindung harus dijamin oleh sambung-  
an yang efektif, baik secara langsung maupun dengan hantar-  
an pelindung.

a. Bilamana suatu bagian PHB dilepas dari selungkup, misal-  
nya untuk pemeliharaan rutin, rangkaian pelindung yang  
tertinggal pada PHB tidak boleh terputus.

Sarana yang digunakan untuk merakit berbagai bagian lo-  
gam dari PHB dianggap cukup menjamin kontinuitas rangkai-  
an pelindung jika langkah pencegahan yang telah diambil  
dapat menjamin daya hantar yang baik secara permanen dan  
kemampuan arus yang cukup untuk menampung arus gangguan  
tanah yang mungkin terjadi dalam PHB.

Catatan : Saluran logam lentur tidak boleh dipakai seba-  
gai hantaran pelindung.

b. Permukaan geser dari bagian PHB yang dapat dilepas atau  
bagian yang dapat ditarik; dianggap cukup menjamin ber-  
fungsinya rangkaian pelindung, jika permukaan geser an-  
tara bagian yang bergerak dan tetap tersebut terbuat da-  
ri logam telanjang dengan tekanan yang cukup, sehingga





menjamin kelangsungan hubungan listrik rangkaian pelindung. Jika diragukan harus diambil tindakan guna menjamin kelangsungan hubungan listrik yang permanen. Rangkaian pelindung dari bagian yang dapat ditarik harus tetap berfungsi dalam posisi tersambung sampai dengan posisi pengujian.

- c. Untuk tutup, pintu, pelat penutup dan sejenisnya sambungan dengan sekerup logam dan engsel logam dipandang cukup menjamin kelangsungan hubungan listrik jika tidak ada perlengkapan listrik yang terpasang padanya.

Jika padanya terdapat peralatan listrik dengan tegangan kerja lebih besar dari 50 volt, harus diambil langkah-langkah untuk menjamin kelangsungan rangkaian rangkaian pelindung tersebut.

Dianjurkan pada bagian tersebut dipasang dengan cermat hantaran pelindung dengan luas penampang yang sesuai dengan ukuran penampang maksimum dari hantaran suplai pada peralatan tersebut. Hubungan listrik lain yang setaraf dan khusus dirancang untuk keperluan tersebut dapat diterima, misalnya : kontak geser, engsel tahan karat.

- d. Semua bagian rangkaian pelindung di dalam PHB harus dirancang untuk dapat bertahan terhadap pengaruh panas tertinggi serta gaya dinamis yang mungkin timbul di tempat pemasangan PHB.
- e. Bilamana selungkup suatu PHB merupakan bagian rangkaian pelindung, maka luas penampang efektif selungkup paling sedikit harus sama dengan luas penampang minimum yang diperlukan dalam ayat 7.4.2.1.7
- f. Bila kontinuitas dapat diputuskan oleh konektor, kontak tusuk dan tusuk kontak, rangkaian pelindung hanya dapat diputuskan setelah hantaran bertegangan diputuskan dan kontinuitas rangkaian pelindung harus dipulihkan kembali sebelum hantaran bertegangan tersambung lagi.
- g. Pada dasarnya, rangkaian pelindung dalam PHB tidak boleh



menggunakan peralatan pelepas rangkaian (saklar, pemisah dsb.). Satu-satunya cara yang diizinkan dalam memasang atau merentangkan hantaran pelindung adalah dengan menggunakan alat penghubung (LINK) yang hanya dapat dilepas dengan menggunakan alat dan hanya boleh dilakukan oleh petugas yang berwenang.

#### 7.4.2.1.6 Terminal untuk hantaran pelindung luar dan sarung

Di mana diperlukan dan tidak ada ketentuan lain, terminal untuk hantaran pelindung luar harus telanjang dan cocok untuk sambungan hantaran tembaga. Bagi selungkup dan hantaran aluminium campuran, harus diperhatikan kemungkinan terjadinya bahaya karat elektrolitik.

Bagi PHB dengan kerangka, selungkup dan lain-lain yang bersifat menghantar, harus diusahakan sesuatu untuk menjamin kesempurnaan hubungan listrik antara bagian penghantar terbuka (rangkai pelindung) dan sarung logam dari sambungan kabel (selubung baja, lapisan timah dan lain-lain).

Sarana sambungan tersebut tidak boleh berfungsi sebagai kerangka.

#### 7.4.2.1.7 Penampang hantaran pelindung dan peralatan hubung

Bila tidak ada ketentuan lain, maka :

- Penampang hantaran pelindung untuk sambungan dalam harus sesuai dengan nilai kotetapan di bawah ini.
- Peralatan hubung untuk hantaran pelindung luar yang terdapat dalam kabel yang berisi hantaran fasa, harus berukuran sama dengan peralatan hubung untuk hantaran netral sesuai dengan ayat 7.1.3.4 yang mana tergantung pada penampang hantaran fasa.

Catatan : Dalam kondisi pemasangan tertentu, nilai arus gangguan yang mungkin mengalir melalui hantaran pelindung adalah terbatas.

Dalam hal ini, penampang yang lebih kecil diperbolehkan atas persetujuan antara pembuat dan pemakai.



Penampang hantaran pelindung ditentukan sebagai berikut :

- Jika penampang hantaran fasa tidak melebihi 16 mm<sup>2</sup> maka penampang hantaran pelindung harus sama dengan penampang hantaran fasa.

Jika hantaran pelindung terbuat dari bahan yang berlainan dengan hantaran fasa; maka penampangnya harus sedemikian rupa sehingga memiliki daya hantar yang sama.

- Jika penampang dari salah satu hantaran fasa lebih dari 16 mm<sup>2</sup>, maka penampangnya dapat dihitung berdasarkan rumus dalam lampiran B, atau dengan metode-metode lain.

Untuk menentukan penampang hantaran pelindung, syarat-syarat di bawah ini harus serentak dipenuhi :

1. Nilai impedansi rangkaian tertutup selama gangguan (fault loop impedance) harus memenuhi syarat operasi yang diperlukan oleh pesawat pengaman.
2. Kondisi operasi pesawat pengaman listrik harus dipilih sedemikian rupa untuk meniadakan kemungkinan rusaknya hantaran atau putusnya kelangsungan hubungan listrik akibat kenaikan suhu yang disebabkan oleh arus gangguan yang terjadi dalam hantaran pelindung. Hal ini dianggap telah dipenuhi apabila kenaikan suhu hantaran pelindung yang dapat terjadi, tidak melampaui nilai-nilai sebagai berikut :

- Untuk hantaran berisolasi : 120°C.
- Untuk hantaran telanjang : 180°C.

Dengan catatan bahwa suhu awal tidak lebih dari 40°C.

#### 7.4.2.1.8

Rangkaian pelindung tidak diisolasi terhadap bagian penghantar yang terbuka

Jika bagian-bagian dari PHB seperti dinding, kerangka, selungkup dan sebagainya terbuat dari bahan penghantar, maka hantaran pelindungnya tidak perlu diisolasi terhadap bagian-bagian tersebut.





7.4.2.1.9 Hantaran pelindung yang harus diisolasi terhadap bagian penghantar yang terbuka

Hantaran-hantaran yang menuju peralatan pengaman tertentu termasuk hantaran yang menghubungkannya dengan elektroda pentanahan tersendiri harus diisolasi dengan baik. Hal ini berlaku, misalnya : untuk peralatan deteksi gangguan yang bekerja berdasarkan tegangan dan dapat juga diterapkan untuk hantaran hubungan tanah titik netral transformator.

Catatan : Perhatian harus diambil untuk tindakan pencegahan khusus dalam penerapan persyaratan yang berhubungan dengan peralatan tersebut.

7.4.2.2 Perlindungan dengan sarana lain

PHB dapat menjamin perlindungan terhadap kejutan listrik pada saat terjadi gangguan dengan cara seperti berikut yang tidak memerlukan rangkaian pelindung.

- Penggunaan tegangan aman ekstra rendah
- Pemisahan rangkaian
- Isolasi total

7.4.2.2.1 Pemisahan rangkaian

Untuk perlindungan terhadap kejutan listrik pada saat terjadi gangguan dengan cara pemisahan rangkaian, harus dipenuhi syarat-syarat berikut :

(Catatan : sebagai tambahan, pemisahan rangkaian ini melibatkan persyaratan khusus yang berlaku pada peralatan himpun yang tidak merupakan bagian dari PHB).

- a. Rangkaian suplai arus untuk peralatan harus bersumber pada :
- transformator dengan dua kumparan, yang dikenal dengan transformator pisah sesuai spesifikasi yang bersangkutan.
  - atau rotor generator yang memberikan tingkat perlindungan yang sama.




- b. Rangkaian sekunder sama sekali tidak boleh dihubungkan dengan rangkaian lain atau dengan tanah (bumi).

7.4.2.2.2 Penggunaan tegangan aman ekstra rendah.  
(dalam pertimbangan)

7.4.2.2.3 Isolasi total

Untuk perlindungan dengan isolasi total terhadap kejutan listrik pada saat terjadi gangguan, persyaratan berikut harus dipenuhi :

- a. Peralatan harus seluruhnya terselungkup dengan bahan isolasi. Selungkup harus diberi simbol  yang dapat dilihat dengan jelas dari luar.
- b. Selungkup harus terbuat dari atau dilapisi bahan isolasi dengan ketahanan mekanis, elektrik serta termis yang dapat dipertanggung jawabkan terhadap kondisi kerja normal maupun khusus (lihat ayat 6.1 dan 6.2) dan harus awet serta tahan terhadap nyala api (FLAME RESISTANT).


Lapisan cat, vernis dan sejenisnya tidak dianggap memenuhi syarat untuk keperluan tersebut.

- c. Harus dihindarkan adanya bagian penghantar yang menembus keluar selungkup yang memungkinkan tegangan gangguan keluar, ini berarti bahwa jika ada bagian penghantar menembus ke luar dari selungkup, bagian tersebut harus diisolasi pada sisi luar atau dalam.
- d. Bila rakitan telah tersambung pada suplai dan siap untuk tegangan dan bagian penghantar yang terbuka sedemikian rupa sehingga bagian-bagian tersebut tidak dapat disentuh. Selungkup harus sekurang-kurangnya memenuhi tingkat perlindungan IP-40 (lihat SNI-No. 011 : 1977).  
Jika hantaran pelindung yang disambung ke peralatan listrik pada sisi beban dari PHB, harus melewati PHE yang bagian penghantar terbukanya diisolasi, maka hantaran pelindung tersebut harus disambung pada terminal yang khusus disediakan dan diberi tanda pengenal. Di dalam selungkup, hantaran



pelindung dan terminalnya harus diisolasi terhadap bagian bertegangan dan bagian penghantar yang terbuka . seperti halnya yang berlaku untuk bagian bertegangan. Hantaran pelindung dan terminalnya harus tersusun sedemikian rupa untuk menghindari sentuhan tak disengaja.

- e. Bagian penghantar yang terbuka dalam PHB tidak boleh dihubungkan dengan rangkaian pelindung. Dengan perkataan lain bagian tersebut tidak merupakan sarana dalam rangkaian pelindung. Hal tersebut diterapkan juga untuk peralatan yang terpasang di dalam yang dipasang dalam PHB sekalipun memiliki terminal untuk hantaran pelindung.

Dalam hal ini, di dalam PHB simbol  harus ditunjukkan dengan jelas sebagai tambahan simbol yang ditentukan dalam ayat 7.4.2.2.3a

- f. Jika pintu atau tutup selungkup dapat dibuka tanpa kunci atau alat, harus dipasang rintangan dari bahan isolasi yang dapat melindungi terhadap sentuhan tak disengaja tidak hanya dengan bagian bertegangan yang dapat dijangkau, tetapi juga dengan bagian penghantar terbuka yang hanya dapat dijangkau setelah tutup dibuka. Rintangan ini bagaimanapun harus tidak dapat dicabut kecuali memakai alat.

#### 7.4.3

##### Pelepasan muatan listrik

Jika PHB horisi peralatan yang dapat menyimpan muatan listrik berbahaya setelah pemutusan arus (kapasitor dan lain-lain , diperlukan papan peringatan. Kapasitor ukuran kecil seperti digunakan untuk peredam busur, untuk memperlambat kerja rele dan lain-lain tidak dianggap berbahaya.

#### 7.4.4

##### Gang kerja dan gang pemeliharaan di dalam PHB

(lihat ayat 2.7.1 dan 2.7.2)

Catatan : Ruang bebas di dalam PHB dengan batas kedalaman 1 M tidak dianggap gang kerja.

#### 7.4.4.1

Gang kerja harus dipisah dari bagian bertegangan oleh rintangan yang sekurang-kurangnya memenuhi tingkat perlindungan IP-20.





Catatan : Dudukan pengaman lebur (fuse base) dan fitting bola lampu yang terpasang dengan perisai pelindung ke - jutan listrik dianggap cukup terlindung dengan baik Gang kerja dan gang pemeliharaan harus memiliki ukuran minimum sebagai berikut : (dalam taraf pertimbangan).

Gang kerja yang tidak disekat dari bagian bertegangan yang tidak terlindung atau yang dipisahkan oleh rintangan yang tingkat perlindungannya kurang dari IP-20

Gang kerja ini harus dirancaang sedemikian rupa, sehingga dapat digunakan bagi petugas yang berwenang.

Hal ini berarti bahwa :

- Gang kerja tetap terkunci.
- Gang kerja tidak dapat dibuka kecuali oleh petugas yang berwenang.
- Gang kerja hanya boleh dimasuki oleh petugas yang ahli.
- Gang kerja diberi tanda peringatan yang jelas.

Gang kerja tersebut harus memiliki ukuran berikut :  
(Dalam taraf pertimbangan).

#### 7.4.5

Persyaratan sehubungan dengan dapat masuknya petugas yang berwenang ke dalam PHB pada keadaan operasi

Agar yang berwenang dapat masuk ke dalam PHB dalam keadaan operasi, satu atau lebih dari persyaratan harus dipenuhi atas persetujuan antara pembuat dan pemakai. Persyaratan tersebut akan melengkapi cara-cara perlindungan yang dijelaskan dalam ayat 7.4.1 dan 7.4.2

Catatan : Ini berarti bahwa persyaratan yang telah disetujui akan berlaku jika petugas yang berwenang dapat mencapai rakitan, misalnya dengan pertolongan alat atau membebaskan suatu interlok (lihat ayat 7.4.1.1.3) jika PHB atau bagian dari padanya dalam keadaan bertegangan.

#### 7.4.5.1

Persyaratan PHB sehubungan dengan pelaksanaan inspeksi dan



pekerjaan sejenis.

PHB dirancang dan disusun sedemikian rupa sehingga pekerjaan tertentu, sesuai persetujuan pembuat dan pemakai, dapat dilakukan pada waktu PHB dalam keadaan operasi dan berte -  
gangan.

Pekerjaan yang dimaksud dapat berupa :

- Inspeksi visual terhadap :
  - Peralatan switcing dan peralatan lainnya.
  - Setting dan indikator dari rele dan alat-alat pelepas.
  - Sambungan hantaran dan tanda.
- Penyetelan dan mengembalikan kedudukan (mereset) rele dan pelepas.
- Penggantian pengaman lebur.
- Penggantian lampu indikator.
- Pekerjaan melokalisasi gangguan :  
misalnya : pengukuran tegangan dan arus dengan pesawat yang sesuai serta berisolasi.

#### 7.4.5.2

Persyaratan PHB berhubungan dengan pelaksanaan pemeliharaan

Untuk memungkinkan pelaksanaan pemeliharaan yang disetujui oleh pembuat dan pemakai pada suatu unit atau kelompok fungsional yang tersambung dari PHB dengan unit atau kelompok fungsional yang berdampingan dan masih dalam keadaan berte -  
gangan, harus diambil tindakan yang diperlukan.

Tindakan yang dipilih tergantung dari beberapa faktor sebagai berikut : kondisi kerja, frekuensi pemeliharaan, ke -  
sanggupan petugas yang berwenang, peraturan instalasi setempat dan sebagainya.

Tindakan tersebut dapat berupa :

- Ruangan yang cukup antara unit atau kelompok fungsional dengan unit atau kelompok fungsional yang berdampingan. Disarankan bahwa bagian yang dapat dilepaskan untuk pe -  
meliharaan, cara melepaskannya semudah mungkin.



- Menggunakan seksi-seksi yang diberi sekat pengaman bagi setiap unit atau kelompok fungsional.
- Menggunakan kompartemen bagi setiap unit atau kelompok fungsional.

#### 7.4.5.3

Persyaratan PHB sehubungan dengan pelaksanaan perluasan dalam keadaan bertegangan

Jika diperlukan untuk memungkinkan perluasan PHB di kemudian hari dengan penambahan unit atau kelompok fungsional dengan rakitan yang sudah terpasang dalam keadaan bertegangan, persyaratan yang berlaku dijelaskan dalam ayat 7.4.5.2 hanya atas persetujuan antara pembuat dan penakai.

Persyaratan tersebut berlaku juga untuk penyisipan dan penyambungan kabel ke luar tambahan, jika kabel yang lama dalam keadaan bertegangan.

Catatan : Hal ini dapat dicapai dengan penyisipan sarana pengaman tambahan yang disediakan atau ditentukan oleh pembuat.

Penyambungan unit tambahan pada sisi suplai umumnya dilakukan dalam keadaan tidak bertegangan, kecuali PHB yang dirancang khusus untuk penyambungan dalam keadaan bertegangan.

#### 7.5

##### PENGAMAN HUBUNG SINGKAT DAN KETAHANAN HUBUNG SINGKAT

Catatan : Untuk sementara ayat ini terutama berlaku untuk peralatan arus bolak-balik (ABB). Persyaratan mengenai arus searah (A.S) sedang dalam penelitian.

#### 7.5.1

##### U m u m

PHB harus dibuat sedemikian rupa sehingga dapat tahan terhadap tekanan dinamis dan termis yang diakibatkan oleh arus hubung singkat yang diperkirakan akan terjadi pada PHB tersebut.

Catatan : Tekanan (stres) hubung singkat dapat diperkecil dengan mempergunakan alat pembatas arus (kumparan reaktor, sekoring pembatas arus, atau peralatan





pemutus arus lainnya).

PHB harus dilindungi terhadap arus hubung singkat, umpamanya dengan pemutus tenaga, sekering atau perpaduan kedua alat tersebut yang merupakan satu kesatuan dengan PHB atau terpisah.

Bila memesan suatu PHB, pemakai harus menjelaskan kondisi hubung singkat di mana PHB tersebut akan dipasang.

Catatan : Diinginkan PHB memiliki tingkat perlindungan terhadap manusia setinggi mungkin dalam hal terjadinya gangguan yang diikuti busur api dalam PHB, walaupun tujuan utama perlindungan adalah mencegah busur api tersebut dengan perencanaan yang cecok atau membatasi masa berlangsungnya busur tersebut.

#### 7.5.2 Keterangan tentang ketahanan hubung singkat

7.5.2.1 Untuk suatu PHB yang hanya mempunyai satu unit suplai, pembuat harus menyatakan ketahanan hubung singkat sebagai berikut :

7.5.2.1.1 Untuk PHB yang sisi suplainya dilengkapi dengan alat pengaman hubung singkat, ketahanan hubung singkatnya dinyatakan dengan nilai maksimum yang diizinkan dari arus hubung singkat yang diperkirakan pada terminal sisi suplai. Hubungan antara faktor kerja dan nilai harga puncak diuraikan dalam ayat

#### 7.5.3

Bila alat pengaman hubung singkat merupakan sekering, pembuat harus menyatakan karakteristik dari kawat lebur sekering tersebut (arus nominal, kemampuan pemutusan, arus pemutusan,  $I^2t$  dan sebagainya).

Bila dipergunakan pemutus tenaga dengan perlambatan waktu buka, harus dinyatakan waktu perlambatan terlama dan setting arus, sehubungan dengan arus hubung singkat yang diperkirakan.

7.5.2.1.2 Untuk PHB yang sisi suplainya tidak dilengkapi dengan alat pengaman hubung singkat, ketahanan hubung singkatnya



dinyatakan dengan salah satu cara sebagai berikut :

- a. Arus ketahanan singkat nominal (lihat ayat 4.3) dan arus ketahanan puncak nominal (lihat ayat 4.4) beserta waktunya, jika berlainan dari satu detik.

Catatan : Untuk waktu kurang dari satu detik hubungan antara arus ketahanan singkat dan waktunya dinyatakan oleh rumus  $I^2t = \text{tetap}$ .

Namun nilai puncak pertama tidak boleh melebihi arus ketahanan puncak nominal.

- b. Nilai maksimum yang diizinkan dari arus hubung singkat yang diperkirakan pada terminal sisi suplai beserta waktunya.

Hubungan antara nilai puncak dan nilai efektif, harus sesuai dengan Daftar III.

- c. Arus hubung singkat nominal bersyarat (lihat ayat 4.5).

- d. Arus hubung singkat nominal lebur (lihat ayat 4.5.1).

Untuk c dan d pembuat harus menyatakan karakteristik sakelar pembatas arus (misalnya : pemutus arus, pengaman lebur) yang diperlukan untuk pengaman PHB tersebut. Karakteristik yang dimaksud ialah : arus nominal, kemampuan memutus arus,  $I^2t$  dan sebagainya.

Catatan : Penggantian elemen lebur harus dengan karakteristik yang sama, pembuat harus menyatakan tipenya.

#### 7.5.2.2.

Untuk suatu PHB dengan beberapa sisi suplai yang tidak diperlukan bekerja serentak, ketahanan hubung singkat dapat dinyatakan untuk masing-masing unit suplai sesuai dengan ayat 7.5.2.1

#### 7.5.2.3

Untuk suatu PHB yang mempunyai beberapa unit suplai pada sisi-suplai yang diperkirakan akan bekerja serentak, dan untuk suatu PHB yang mempunyai satu unit suplai dan satu atau lebih unit keluar dengan beban mesin listrik berputar berdaya tinggi yang diperkirakan akan meningkatkan arus hubung singkat,



maka nilai arus hubung singkat yang diperkirakan pada masing-masing unit suplai, unit ke luar dan rel, harus ditentukan berdasarkan perjanjian antara pembuat dan pemakai.

### 7.5.3

Perbandingan nilai puncak dan nilai efektif arus hubung singkat. Nilai puncak arus hubung singkat, (nilai puncak dari lintasan pertama arus hubung singkat, termasuk komponen se-arahnya), yang dipakai untuk menentukan tekanan elektrodinamis, ditentukan dengan cara mengalikan nilai efektif arus hubung singkat tersebut dengan faktor  $n$ . Nilai standar untuk faktor  $n$  dan faktor kerja yang bersangkutan, tertera dalam Daftar III.

Nilai efektif arus hubung singkat	Faktor kerja $\cos \phi$	$n$
$I \leq 5 \text{ kA}$	0,7	1,5
$5 \text{ kA} < I \leq 10 \text{ kA}$	0,5	1,7
$10 \text{ kA} < I \leq 20 \text{ kA}$	0,3	2
$20 \text{ kA} < I \leq 50 \text{ kA}$	0,25	2,1
$50 \text{ kA} < I$	0,2	2,2

Catatan : Nilai-nilai ini diambil untuk keadaan pada umumnya. Untuk lokasi tertentu, umpama dekat transformator atau generator, dapat terjadi nilai faktor kerja yang lebih rendah. Dalam hal demikian nilai maksimum dari arus hubung singkat yang diperkirakan dapat menjadi nilai batas menggantikan nilai efektif arus hubung singkat.

### 7.5.4

Koordinasi antar alat pengaman hubung singkat

#### 7.5.4.1

Koordinasi antar alat pengaman ditentukan berdasarkan perjanjian antara pembuat dan pemakai. Informasi dalam katalog dapat dianggap sebagai perjanjian yang dimaksud.

#### 7.5.4.2

Bila keadaan operasi memerlukan suplai daya listrik dengan keandalan yang tinggi, setting atau pemilihan peralatan





pengaman hubung singkat dalam PEB harus bersusun sedemikian rupa, sehingga bila hubung singkat terjadi pada sisi beban salah satu cabang, maka hanya cabang tersebut yang diputuskan oleh alat pengaman tanpa mengganggu suplai cabang lain. Dengan demikian menjamin selektivitas sistem pengamanan.

#### 7.5.5

Rangkaian di dalam suatu PEB

##### 7.5.5.1

Rangkaian Utama

Rel utama, (telanjang atau terbungkus) harus disusun sedemikian rupa sehingga hubung singkat pada rel tidak akan terjadi dalam keadaan operasi normal. Bila tidak ditentukan lain, maka rel ini harus disesuaikan dengan keterangan ketahanan hubung singkat yang tercantum dalam ayat 7.5.2 dan harus dirancang sekurang-kurangnya tahan terhadap gaya mekanis yang timbul akibat arus hubung singkat yang dibatasi oleh alat pengaman pada sisi suplai rel utama.

Hantaran yang menghubungkan rel utama dengan sisi suplai unit fungsional tunggal, termasuk komponen di dalamnya, dapat dinominasikan atas dasar nilai yang lebih rendah, yaitu gaya mekanis hubung singkat yang timbul pada sisi beban alat pengaman hubung singkat unit fungsional tersebut; dengan catatan bahwa rangkaian disusun sedemikian rupa, sehingga kemungkinan hubung singkat antar hantaran tersebut langka terjadi pada kondisi operasi normal.

Hal ini berlaku pula untuk hantaran pada sisi suplai unit fungsional tunggal dalam suatu PEB tanpa rel utama.

##### 7.5.5.2

Rangkaian pembantu

Dalam hal ini, rangkaian pembantu harus diarahkan terhadap pengaruh hubung singkat. Namun alat pengaman ini jangan diadakan bila kerja alat tersebut dapat menyebabkan bahaya.

Dalam hal ini, hantaran rangkaian pembantu harus disusun sedemikian rupa sehingga hubung singkat tidak akan terjadi dalam kondisi operasi normal.

#### 7.6

KOMPONEN YANG DIPASANG PADA PEB



### 7.6.1

#### Pemilihan komponen

Komponen yang dipilih harus sesuai dengan sifat pemakaiannya dalam PHS, sehubungan dengan nilai nominal tagangan, arus, kemampuan hubung dan pemutusan, ketahanan hubung singkat, umur dan sebagainya.

Komponen dengan ketahanan hubung singkat dan atau kemampuan pemutusan yang tidak cukup untuk menahan pengaruh gaya yang timbul pada tempat pemasangan PHS, harus diamankan dengan alat pembatas arus, misalnya sekering atau pemutus tenaga.

Bila ada memilih pemutus tenaga untuk pemutus cadangan (back up fuse) alat pemutus tenaga, harus diperhitungkan nilai-nilai maksimum yang disediakan bagi alat tersebut sesuai dengan data pembuat (lihat ayat 7.5.4) dengan mengingat koordinasi yang dimaksud dalam ayat terdahulu.

### 7.6.2

#### Pemasangan komponen

Komponen harus dipasang sesuai petunjuk pembuat, (posisi penggunaan, jarak bebas yang harus dipenuhi sehubungan dengan busur listrik atau untuk melepas ruang busur/arc chute dst).

#### 7.6.2.1

##### Kemungkinan untuk dijangkai

Peralatan unit fungsional yang dipasang pada penyangga yang sama (pelat kedudukan, rangka kedudukan) dan terminal untuk hantaran ke luar, harus disusun sedemikian rupa sehingga dapat dijangkai untuk pemasangan, pemawatan, pemeliharaan dan penggantian. Alat pemutus tenaga dan reset yang dioperasikan dari dalam PHS harus mudah dijangkai.

Pada umumnya peralatan untuk dipasang di atas lantai, instrumen penunjuk yang perlu dilihat oleh operator harus dipasang tidak lebih tinggi dari 2 meter di atas alas PHS. Alat untuk pengoperasian seperti tangkai, tombol dan lainnya, harus ditempatkan pada ketinggian yang memudahkan operasi yang berarti bahwa garis sumbu tidak lebih tinggi dari 1,75 meter dari alat PHS.



#### 7.6.1

##### Pemilihan komponen

Komponen yang dipilih harus sesuai dengan sifat penskalaannya dalam PHB, sehubungan dengan nilai nominal tegangan, arus, kemampuan hubung dan pemutusan, ketahanan hubung singkat, umur dan sebagainya.

Komponen dengan ketahanan hubung singkat dan atau kemampuan pemutusan yang tidak cukup untuk menahan pengaruh gaya yang timbul pada tempat pemasangan PHB, harus diamankan dengan alat pembatas arus, misalnya sekering atau pemutus tenaga.

Bila mana memilih pengaman lebur untuk pengaman sedang (back up fuse) alat switching, harus diperhitungkan nilai-nilai maksimum yang diperbolehkan bagi alat tersebut sesuai dengan data pembuat (lihat ayat 7.5.4) dengan mengingat koordinasi yang dimaksud dalam ayat terdahulu.

#### 7.6.2

##### Pemasangan komponen

Komponen harus dipasang sesuai petunjuk pembuat, (posisi penggunaan, jarak bebas yang harus dipemahi sehubungan dengan busur listrik atau untuk melepas ruang busur/arc chute dst).

#### 7.6.2.1

##### Kemungkinan untuk dijangkau

Peralatan unit fungsional yang dipasang pada busbar yang sama (pelat busbar, rangka busbar) dan peralatan untuk menahan ke busbar, harus dipasang sedemikian rupa sehingga dapat dijangkau untuk pemasangan, pemutaran, pemeliharaan dan penggantian. Alat pengontrol dan reset yang terpasang di atas busbar PHB harus mudah dijangkau.

Pada umumnya peralatan untuk pemasangan di atas busbar, instrumen pemeliharaan yang beroperasi oleh operator harus sedemikian tinggi sehingga dapat dijangkau oleh operator PHB untuk pengoperasian seperti tangkai, tombol dan lain-lain. Harus ditempatkan pada ketinggian yang memudahkan operator, yang berarti bahwa garis busbar tidak lebih tinggi dari 1,7 m dari alat PHB.





Catatan : Dianjurkan bahwa PHB pasangan dinding dan pasangan di atas lantai harus dipasang pada ketinggian sedemikian rupa, sehingga persyaratan di atas terpenuhi.

#### 7.6.2.2 Interaksi

Pemasangan dan pengawatan peralatan di dalam PHB, harus dilakukan sedemikian rupa, sehingga peralatan tersebut tetap berfungsi dengan baik, tidak terpengaruh oleh interaksi panas, busur, getaran, medan nersis yang terjadi pada operasi normal.

Dalam hal selungkup yang dirancang untuk dilengkapi dengan pengaman lebur, harus diadakan pertimbangan khusus terhadap pengaruh arus (lihat ayat 7.3). Pembuat perlu menyatakan jenis dan nilai nominal pengaman lebur yang dipergunakan.

#### 7.6.2.3 Sekat

Sekat untuk alat switcing secara manual harus dirancang sedemikian rupa, sehingga busur switcing tidak menimbulkan bahaya pada operatornya. Untuk mengurangi bahaya pada waktu penggantian pengaman lebur harus digunakan sekat antar fasa, kecuali jika rancangan dan lokasi pengaman lebur tersebut cukup menjamin keamanan.

#### 7.6.2.4 Kondisi yang terdapat pada tempat pemasangan

Komponen untuk PHB dipilih berdasarkan kondisi kerja normal yang ditentukan dalam ayat 6.1 (lihat juga ayat 7.6.2.2). Di mana diperlukan, tindakan yang tepat (pemanasan, ventilasi) harus diambil untuk memastikan agar kondisi kerja yang diperlukan bagi berfungsinya komponen secara baik tetap dipertahankan; misalnya untuk rele tertentu, meter dan sebagainya.

#### 7.6.2.5 Pendinginan

Pendinginan alam dan pendinginan paksa, keduanya boleh digunakan pada PHB. Bila diperlukan tindakan khusus pada tempat pemasangan untuk menjamin pendinginan yang memadai,



pembuat harus memberi informasi yang diperlukan (misalnya dengan mengadakan jarak bebas terhadap bagian penahan panas atau bagian yang menimbulkan panas).

#### 7.6.3

##### Bagian tetap

Untuk bagian yang dipasang tetap (lihat ayat 2.2.6) penyambung an atau pelepasan rangkaian utama (lihat ayat 2.1.3) hanya dapat dilakukan bila PHS tersebut tidak bertegangan.

Umumnya pelepasan atau pemasangan bagian tetap, perlu menggunakan alat.

Untuk membuat suatu bagian tetap tidak bertegangan mungkin memerlukan pelepasan tegangan seluruh atau sebagian dari PHS tersebut.

Catatan : Bilamana dalam suatu keadaan tertentu dipertimbangkan untuk bekerja pada rangkaian yang bertegangan, harus diperhatikan persyaratan keamanan.

#### 7.6.4

Bagian yang dapat dilepas dan bagian yang dapat ditarik.

#### 7.6.4.1

##### Rancangan

Bagian yang dapat dilepas dan bagian yang dapat ditarik harus dirancang sedemikian rupa, sehingga peralatan listriknya dapat diputus atau disambung dari rangkaian utama dengan aman dalam keadaan rangkaian tersebut bertegangan.

Jarak bebas dan jarak rambat minimanya (lihat ayat 7.1.2.1) harus dipenuhi dalam berbagai kedudukan, juga dalam keadaan pemindahan kedudukan dari yang satu ke yang lain.

Catatan : 1. Dalam hal ini mungkin diperlukan alat yang sesuai.  
2. Pelaksanaan harus dilakukan tanpa beban.

Bagian-bagian yang dapat dilepas harus memiliki kedudukan tersambung (lihat ayat 2.2.9) dan kedudukan terlepas (lihat ayat 2.2.1.2).

Bagian yang dapat ditarik, harus dilengkapi dengan kedudukan terputus (lihat ayat 2.2.11) dan kedudukan pengaliran (lihat ayat 2.2.10).



7.6.4.2 Interlok dan pemasangan Gembok pada bagian yang dapat ditarik. Kecuali ditentukan lain, bagian yang dapat ditarik harus dilengkapi dengan suatu alat yang menjamin bagian tersebut hanya dapat ditarik dan atau dipasang kembali setelah rangkaian utamanya diputus.

Untuk mencegah operasi oleh yang tidak berwenang, bagian yang dapat ditarik boleh dilengkapi dengan suatu Gembok untuk menguncinya pada salah satu kedudukan.

7.6.4.3 Tingkat perlindungan

Tingkat perlindungan PHB (lihat ayat 7.2.1) umumnya dinyatakan untuk kedudukan tersambung (lihat ayat 2.2.9) bagi bagian yang dapat dilepas dan atau bagian yang dapat ditarik.

Bila diminta, pembuat harus menyatakan tingkat perlindungan yang dicapai pada kedudukan lain dan selama perpindahan kedudukan.

PHB dengan bagian yang dapat ditarik dapat pula dirancang sedemikian rupa sehingga tingkat perlindungan dipertahankan bagi semua kedudukan, termasuk keadaan perpindahannya.

Bilamana tingkat perlindungan PHB tidak dapat dipertahankan pada saat bagian yang dapat ditarik dan atau bagian yang dapat dilepas, maka pembuat berkewajiban memberikan saran tentang tindakan yang harus dilakukan untuk menjamin keamanan. Katalok pembuat dapat dipakai sebagai pengganti saran yang dimaksud.

7.6.4.4 Cara penyambungan rangkaian pembantu

Rangkaian pembantu dapat dirancang sedemikian rupa, sehingga dapat dibuka dengan atau tanpa alat. Dalam hal bagian yang dapat ditarik, penyambungan rangkaian pembantu diutamakan tanpa menggunakan alat.

7.6.5 Penandaan

7.6.5.1 Penandaan hantaran rangkaian utama dan pembantu.

Dengan perkecualian hal yang tercantum dalam ayat 7.6.5.2 ,





oara dan batasan penandaan hantaran seperti dengan angka, warna atau lambang, merupakan kewajiban pembuat, dan harus sesuai dengan penandaan pada diagram pengawatan dan gambar. Pemberian tanda ini dapat terbatas pada ujung hantaran.

#### 7.6.5.2


Penandaan hantaran (PE) dan hantaran netral (N) rangkaian utama.

Hantaran pelindung harus segera dapat dibedakan menurut bentuk, lokasi, tanda atau warnanya. Apabila digunakan penandaan dengan warna, maka warnanya harus hijau-kuning (warna ganda).

Apabila hantaran pelindung merupakan kabel berinti tunggal, penandaan dengan warna harus diterapkan sepanjang kabel.

Catatan : Warna hijau-kuning hanya dipakai untuk hantaran pelindung saja.

Demikian juga hantaran netral rangkaian utama dapat dibedakan menurut bentuk, lokasi, tanda atau warna. Jika digunakan penandaan dengan warna, harus menggunakan warna biru muda (menurut PUIL).

Terminal untuk hubungan luar hantaran pelindung, harus diberi tanda simbol . Simbol ini tidak diperlukan bila mana hantaran pelindung dan sebagainya dihubungkan dengan hantaran yang jelas berwarna hijau - kuning.

Catatan : Tanda terminal untuk hantaran netral ialah huruf N (sesuai PUIL).

#### 7.6.5.3

Arah pengoperasian dan indikasi kedudukan swithoing.

Hal ini harus sesuai dengan spesifikasi alat yang digunakan.

#### 7.7

Pemisahan bagian dalam PEB DENGAN PENGHALANG ATAU PENYEKAT

Dengan membagi PEB dengan cara penghalang atau penyekatan menjadi kompartemen atau sub seksi terpisah, dapat dicapai satu atau lebih kondisi berikut :

- Menghindarkan terjadinya kontak listrik antar bagian bertegangan unit-unit fungsional yang berdekatan.



- Mengurangi kemungkinan timbulnya busur listrik yang tidak sengaja terjadi.

Catatan : Akibat pengaruh busur listrik yang tak disengaja tersebut akan banyak dikurangi dengan membatasi nilai maksimum dan waktu arus hubung singkat.

- Perlindungan terhadap kemungkinan masuknya benda padat dari satu bagian PHS kebagian yang berdekatan.

Maksud dan lingkup pemisahan bagian dalam PHS harus berdasarkan persetujuan antara pembuat dan pemakai.

## 7.8 HUBUNGAN DAN SAMBUNGAN LISTRIK DALAM PHS ; REL DAN HANTARAN BERISOLASI.

### 7.8.1 Umum

Hubungan dan sambungan bagian-bagian yang menghantar arus tidak boleh terganggu akibat kenaikan suhu secara normal , penuaan bahan isolasi dan getaran-getaran yang terjadi pada kerja normal.

Khususnya, pengaruh pemuaian karena panas dan akibat elektrolisis pada hubungan dua logam yang berlainan dan akibat dari kelelahan bahan karena panas yang terus menerus terjadi.

Hubungan antara bagian-bagian yang menghantar arus harus dilaksanakan dengan cara yang menjamin tekanan kontak yang cukup dan meyakinkan.

### 7.8.2 Dimensi dan kuat hantar arus nominal rel dan hantaran berisolasi.

Penentuan penampang hantaran dalam PHS merupakan tanggung jawab pembuat, dalam hal pemilihan penampang hantaran selain berdasarkan besarnya arus, juga ditentukan oleh gaya mekanis yang akan dialaminya dalam PHS; cara hantaran tersebut diletakkan; jenis isolasi dan jenis elemen yang akan disambung (misalnya alat elektronik).

### 7.8.3 Pengawatan (lihat ayat 7.8.2)

#### 7.8.3.1 Hantaran berisolasi setidaknya harus mempunyai tegangan



- isolasi nominal (lihat ayat 4.1.2) sesuai dengan tegangan isolasi nominal rangkaian.
- 7.8.3.2 Hantaran berisolasi antara dua terminal tidak boleh terdapat sambungan dipilin maupun disolder. Hubungan harus dilakukan melalui terminal tetap.
- 7.8.3.3 Hantaran berisolasi tidak boleh menempel pada bagian bertegangan tanpa isolasi pada potensial yang berbeda atau sisi yang tajam.
- 7.8.3.4 Kabel suplai untuk peralatan dan alat pengukur pada pemutus; pintu panel, harus dipasang sedemikian rupa sehingga tak terjadi kerusakan mekanis pada kabel akibat gerakan pemutus atau gerakan pintu tersebut.
- 7.8.3.5 Bila terminal tidak sesuai untuk jenis hantaran yang dipakai, gunakanlah sarana penghubung yang sesuai (misalnya sepatu kabel).
- 7.8.3.6 Sambungan dengan solder pada peralatan di dalam PEB hanya diperkenankan apabila peralatan tersebut dirancang untuk hal itu. Bilamana peralatan mengalami getaran kuat pada kondisi kerja normal; sambungan solder maupun kawat harus diperkuat lagi dengan suatu cara pada tempat-tempat sekitar penyolderan untuk memperoleh jaminan mekanis yang baik.
- 7.8.3.7 Di mana terdapat getaran yang kuat, misalnya dalam hal kerja derek dan alat keruk, bekerja di atas kapal, peralatan pengangkat, lokomotif; perhatian khusus harus diberikan pada cara penyambungan hantaran tersebut. Selain peralatan yang disebut dalam ayat 7.8.3.6, penyambungan sepatu kabel yang disolder atau kabel pilin yang disolder tidak diperkenankan pada kondisi getaran kuat.
- 7.8.3.8 Pada umumnya hanya satu hantaran yang dapat disambung pada satu terminal. Untuk penyambungan lebih dari satu hantaran pada satu terminal, hanya diperbolehkan pada terminal yang dirancang khusus untuk keperluan tersebut.





# LAMPIRAN - A

## PENAMPANG MINIMUM DAN PENAMPANG MAKSIMUM HANTARAN TEMBAGA YANG COCOK UNTUK PENYAMBUNGAN (LIHAT AYL 7.1.3.2)

Daftar di bawah ini dipergunakan untuk penyambungan satu kabel tembaga pada satu terminal, tanpa persiapan yang khusus pada ujung hantaran kecuali pengupasan lapisan isolasinya.

Arus Nominal	Hantaran Kaku ( Padat atau dipilin )		Hantaran fleksibel	
	Luas Penampang		Luas Penampang	
	Minimum	Maksimum	Minimum	Maksimum
	b	c	d	e
A	mm <sup>2</sup>		mm <sup>2</sup>	
6	0,75	1,5	Nilainya dalam taraf Pertimbangan.	
8	1	2,5		
10	1	2,5		
12	1	2,5		
16	1,5	4		
20	1,5	4		
25	2,5	6	1,5	4
32	2,5	10	1,5	6
40	4	16	2,5	10
63	6	25	6	16
80	10	35	10	25
100	16	50	16	35
125	25	70	25	50
160	35	95	35	70
200	50	120	50	95
250	70	150	70	120
315	95	240	95	185



- Catatan :
1. Bila hantaran luar disambung langsung dengan peralatan yang terpasang di dalam; maka penampang yang dinyatakan dalam spesifikasi yang relevan yang berlaku.
  2. Dalam kasus tertentu di mana perlu digunakan hantaran yang tidak tercakup dalam daftar di atas; maka dapat diadakan perjanjian khusus antara pembuat dan pemakai.



## LAMPIRAN - B

### METODE MENGHITUNG LUAS PENAMPANG HANTARAN PELINDUNG BERYENAAN DENGAN STRES THERMIS YANG DIKIBATKAN OLEH RASUS SINGKAT

Rumus di bawah ini dapat digunakan untuk menghitung luas penampang dari hantaran pelindung yang diperlukan agar tahan terhadap stres-thermis yang diakibatkan oleh arus yang waktu berlangsungnya berkisar antara 0,2 detik sampai 0,5 detik.

$$S = \frac{I}{\sqrt{t}}$$

Dimana : S = Luas penampang dinyatakan dalam mm<sup>2</sup>.

I = Arus efektif dinyatakan dalam Ampere.

= Dinyatakan dalam  $\frac{A}{mm^2} \frac{(s)}{OC}^{1/2}$

dan nilai untuk :	tembaga	=	13.
	aluminium	=	8,5
	besi	=	4,5
	tinah hitam	=	2,5

t = Waktu berlangsungnya arus, dinyatakan dalam detik

= Kenaikan suhu, dinyatakan dalam °C

Umumnya dapat diambil nilai-nilai :

120 °C untuk hantaran berisolasi

180 °C untuk hantaran tak berisolasi

Bila t lebih dari 2 detik tapi kurang dari 5 detik maka dapat dinaikan untuk rumus yang sama menjadi.

145 °C untuk hantaran berisolasi

215 °C untuk hantaran tak berisolasi

Dengan pertimbangan dari kenyataan bahwa kenaikan suhu tidak persis adiabatik.





Inspirat C

DIAGRAM EXEMPLES

Représentation de la structure

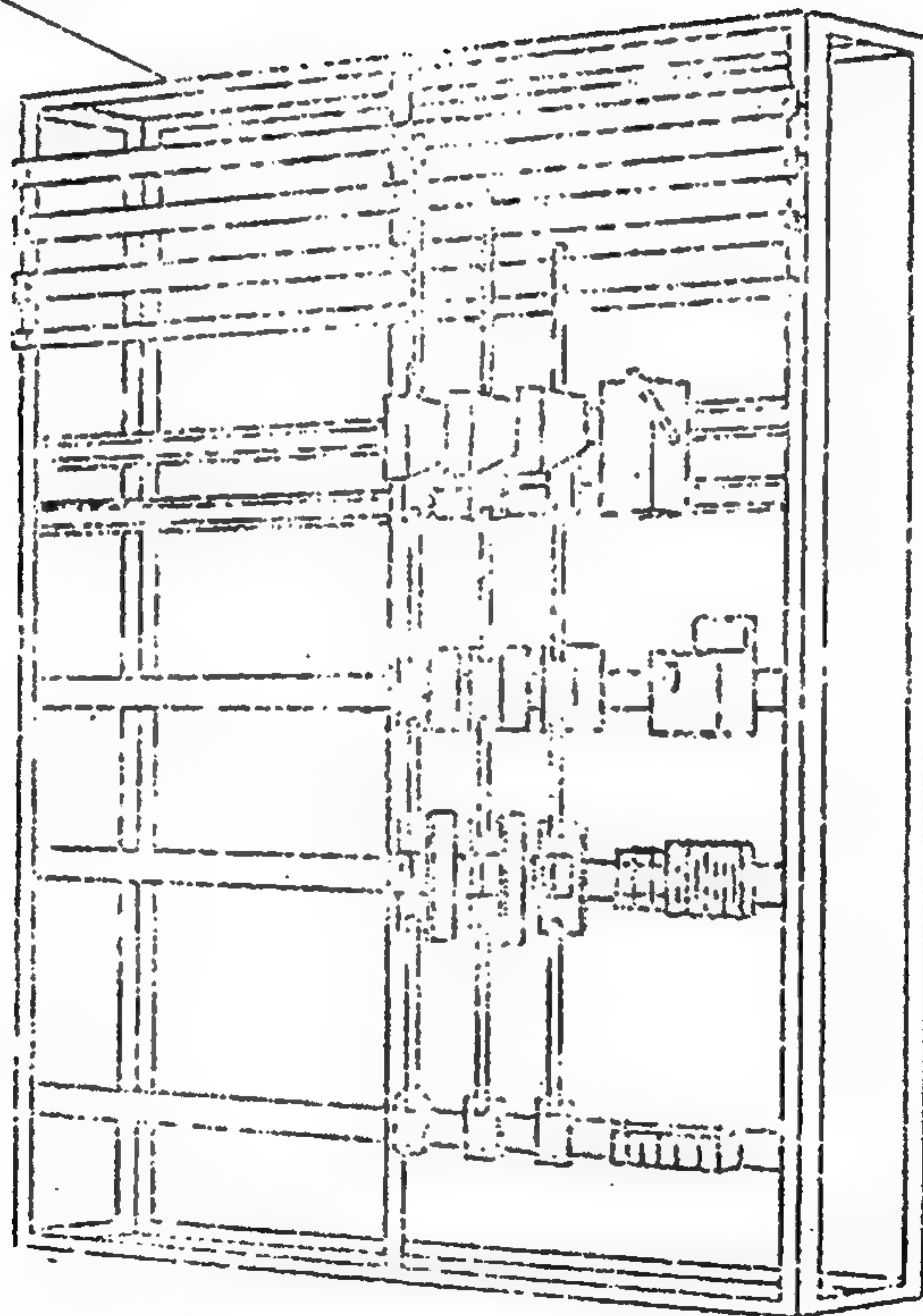
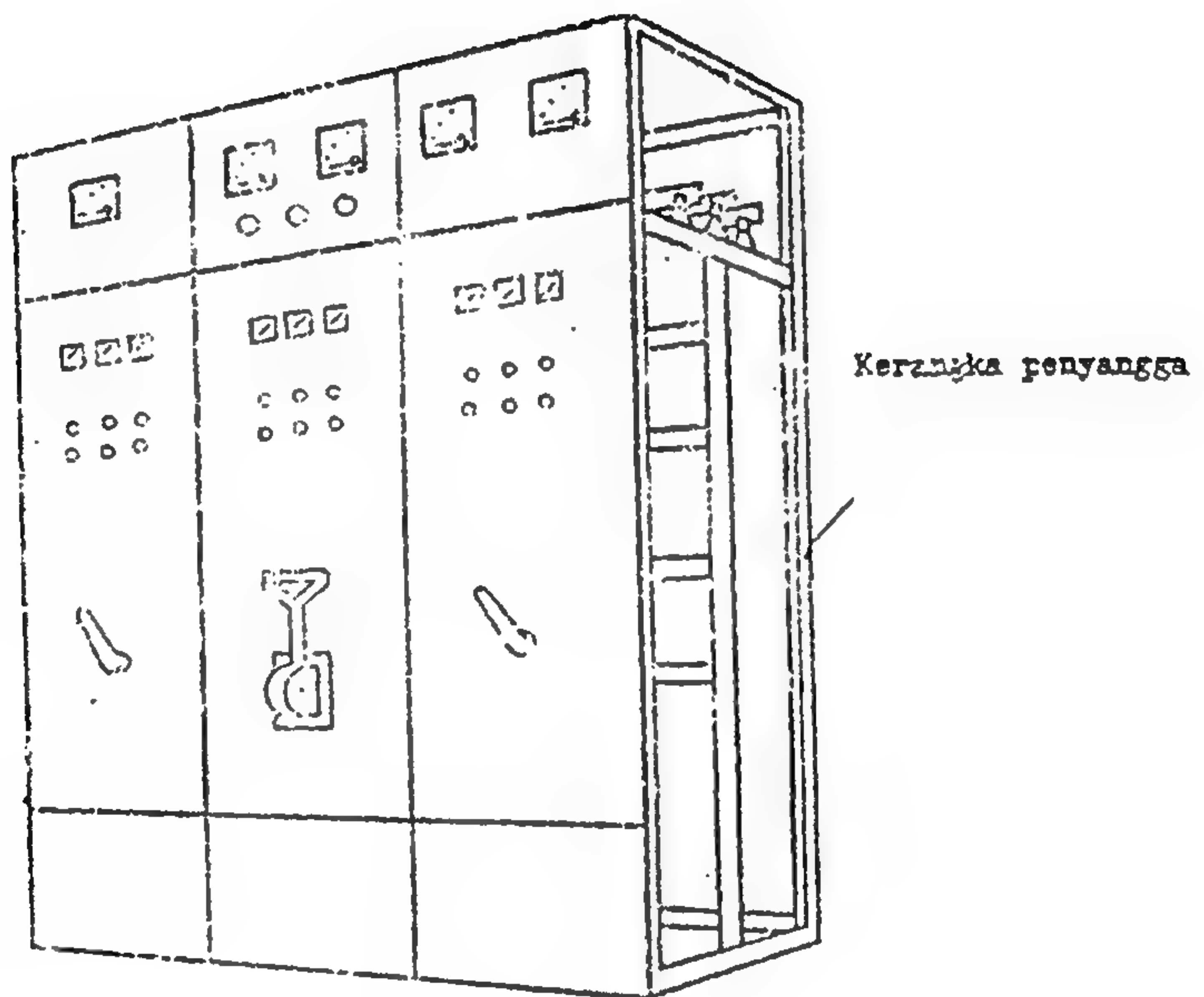


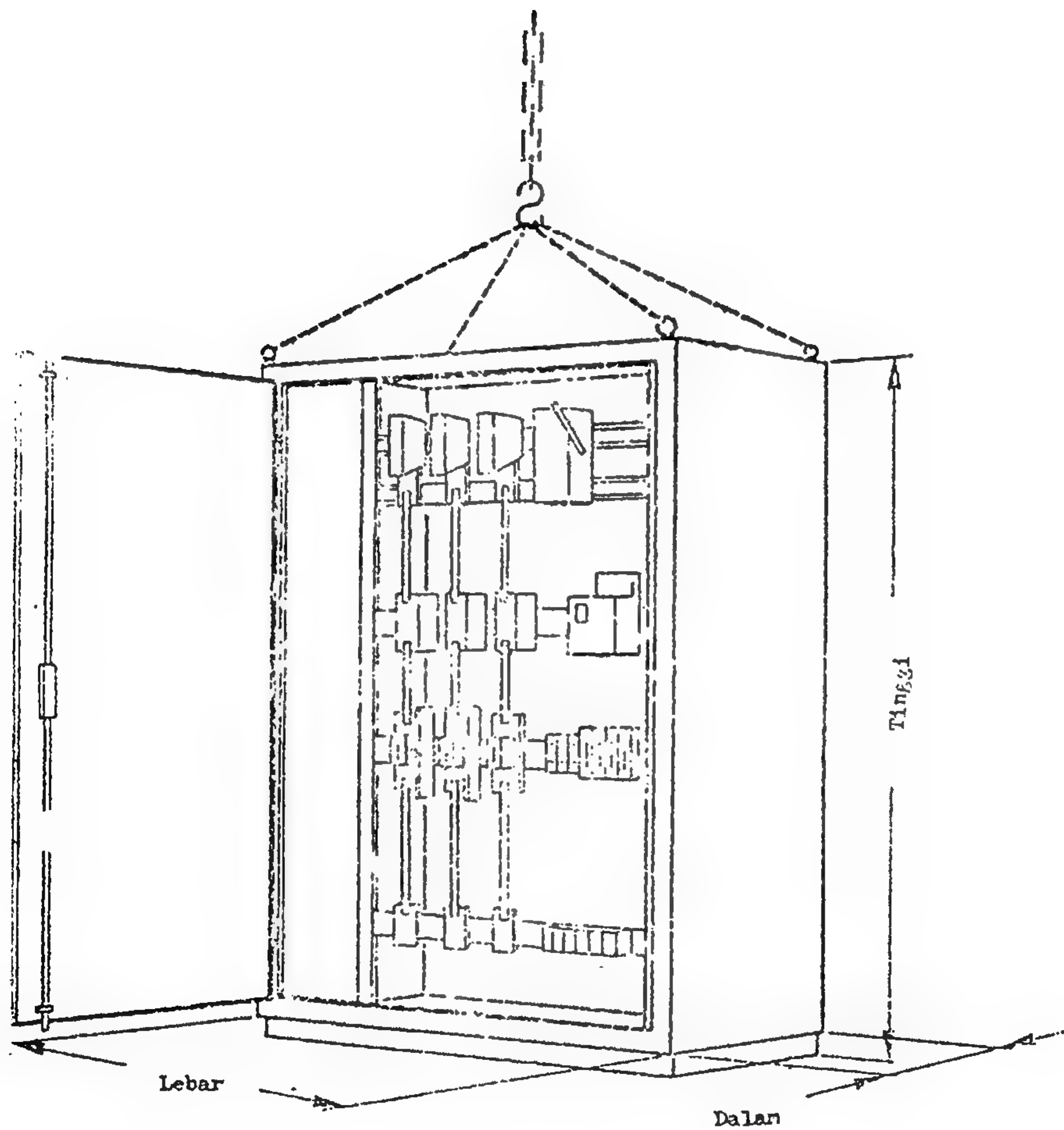
Fig. 1 : Vue générale de la structure





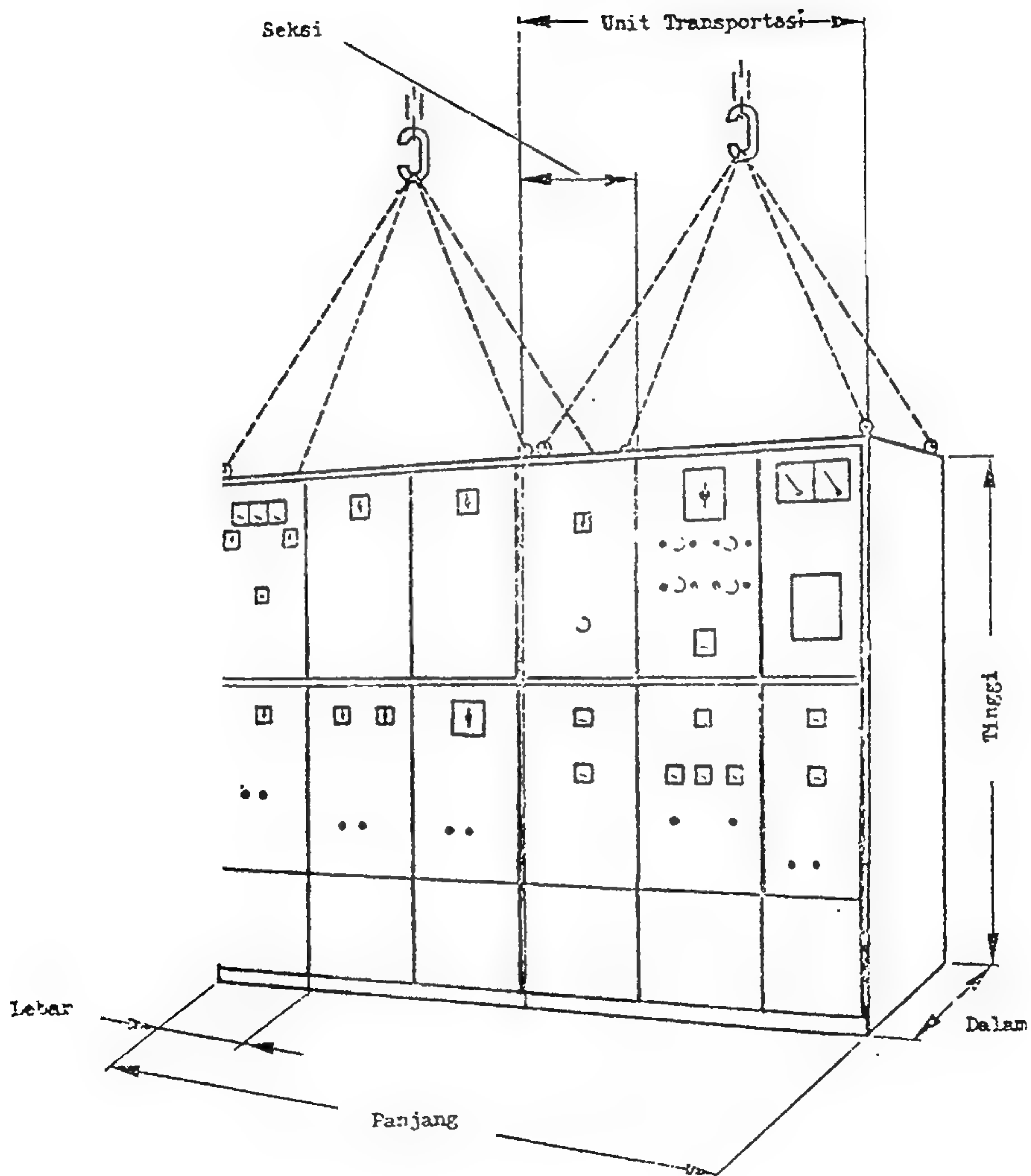
Gbr. 2 : FHE jenis depan tertutup



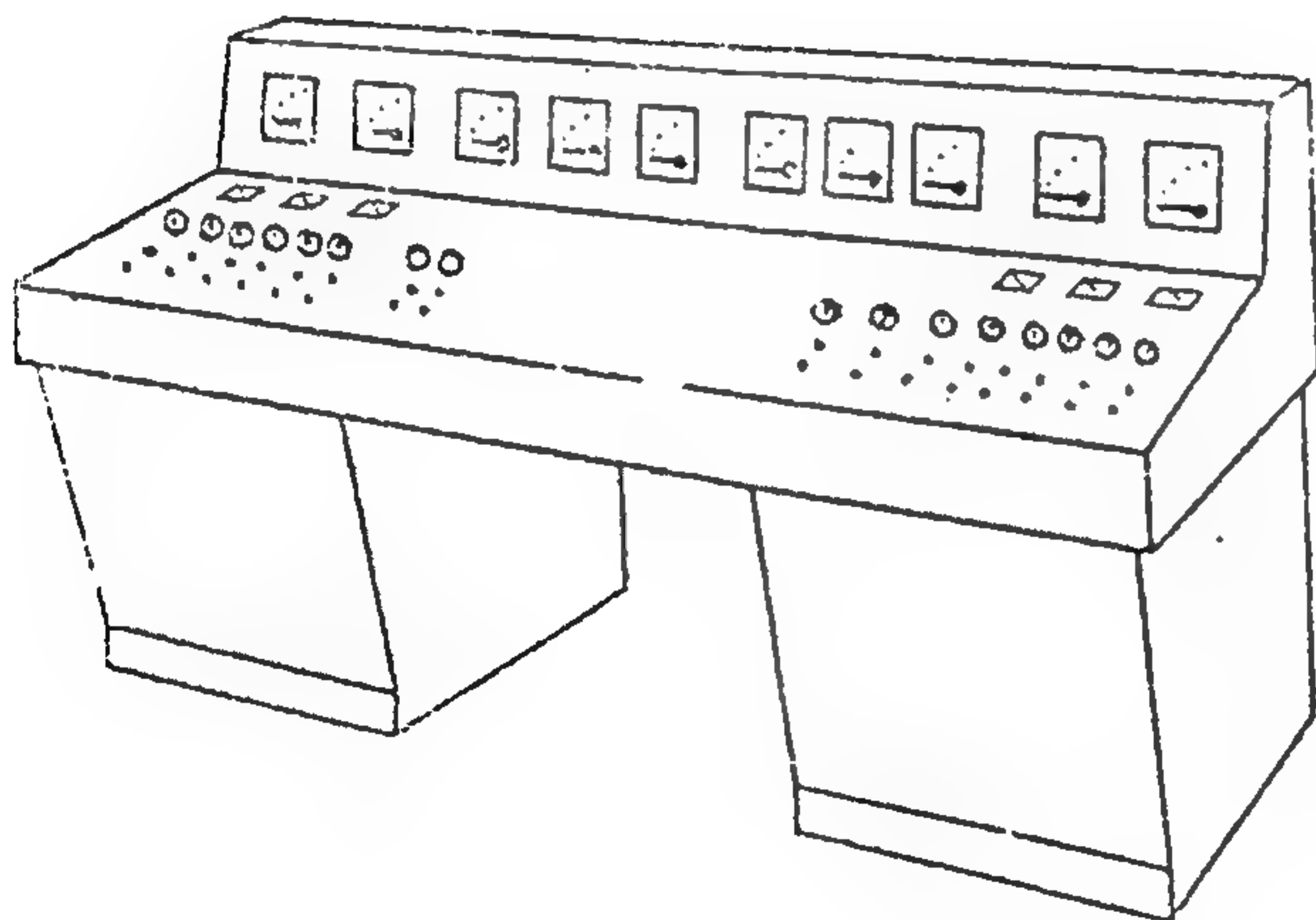
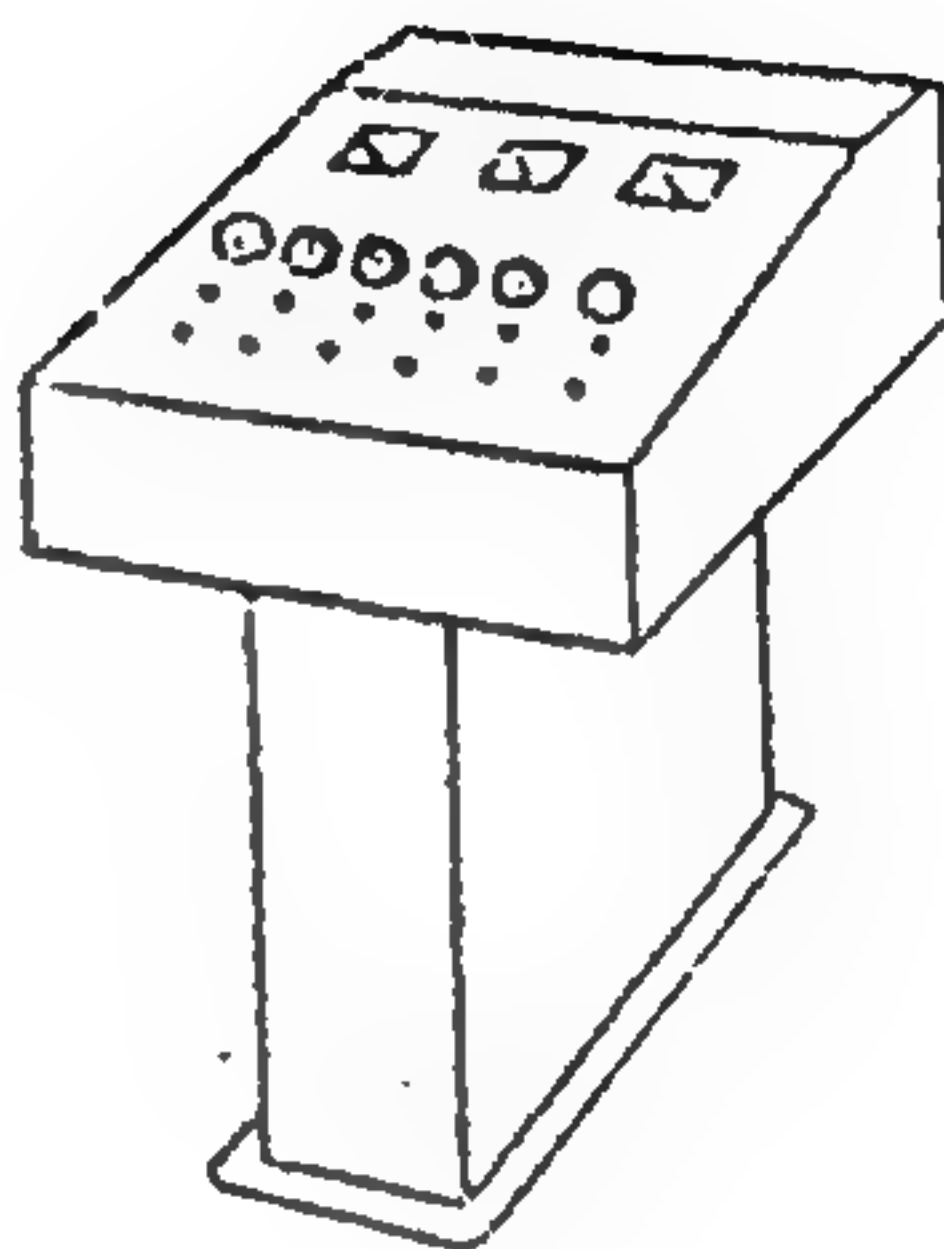
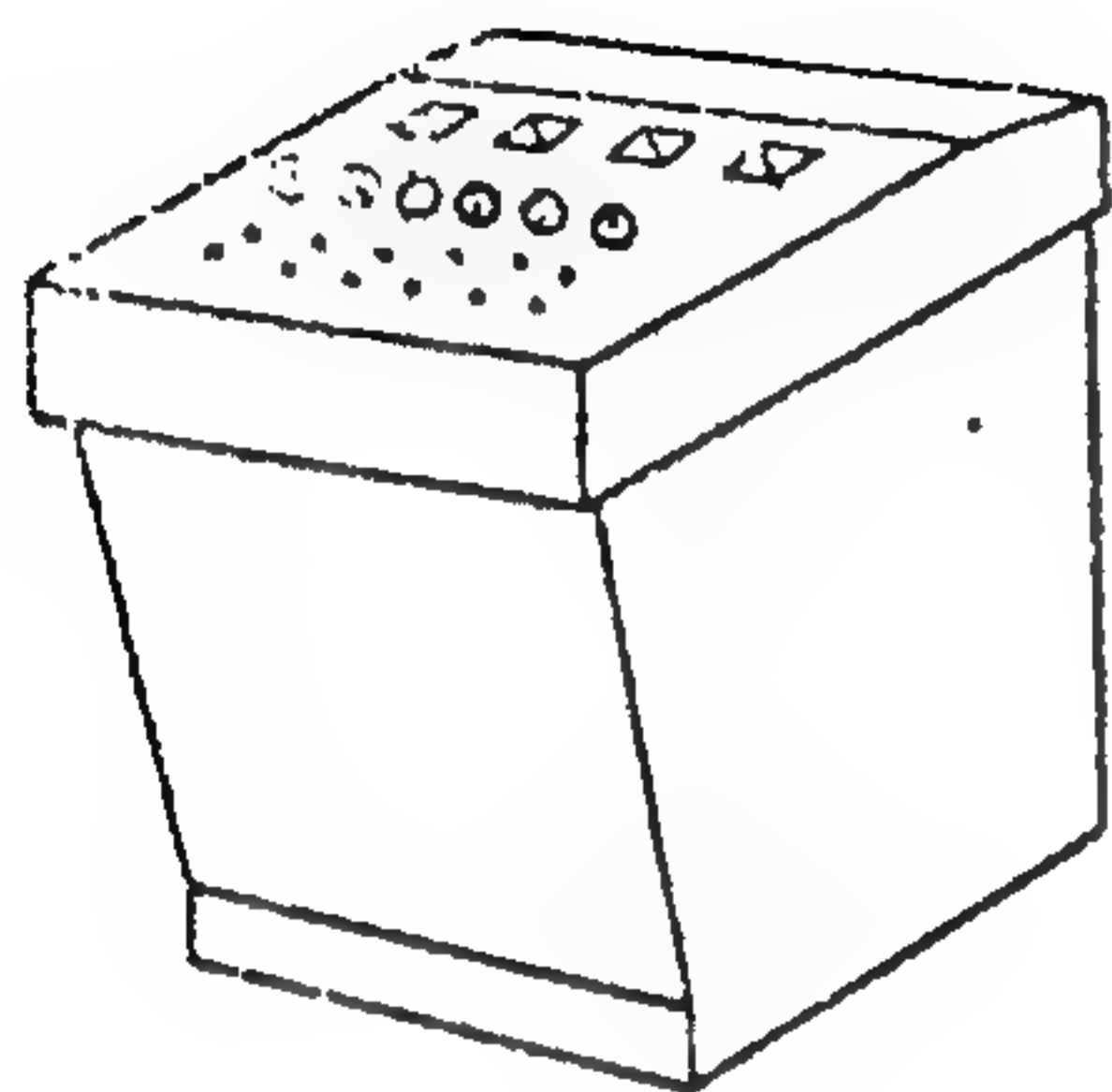




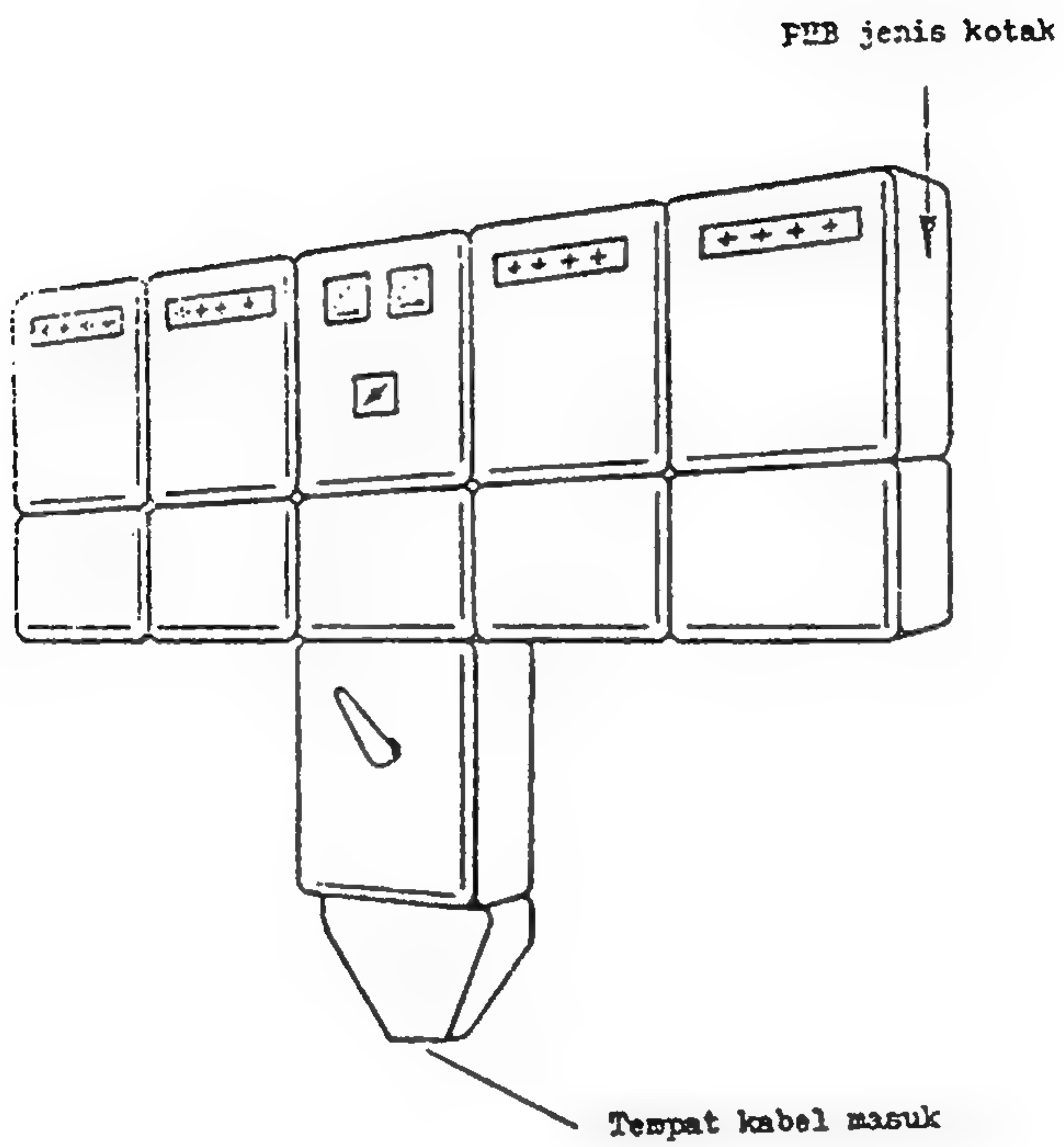






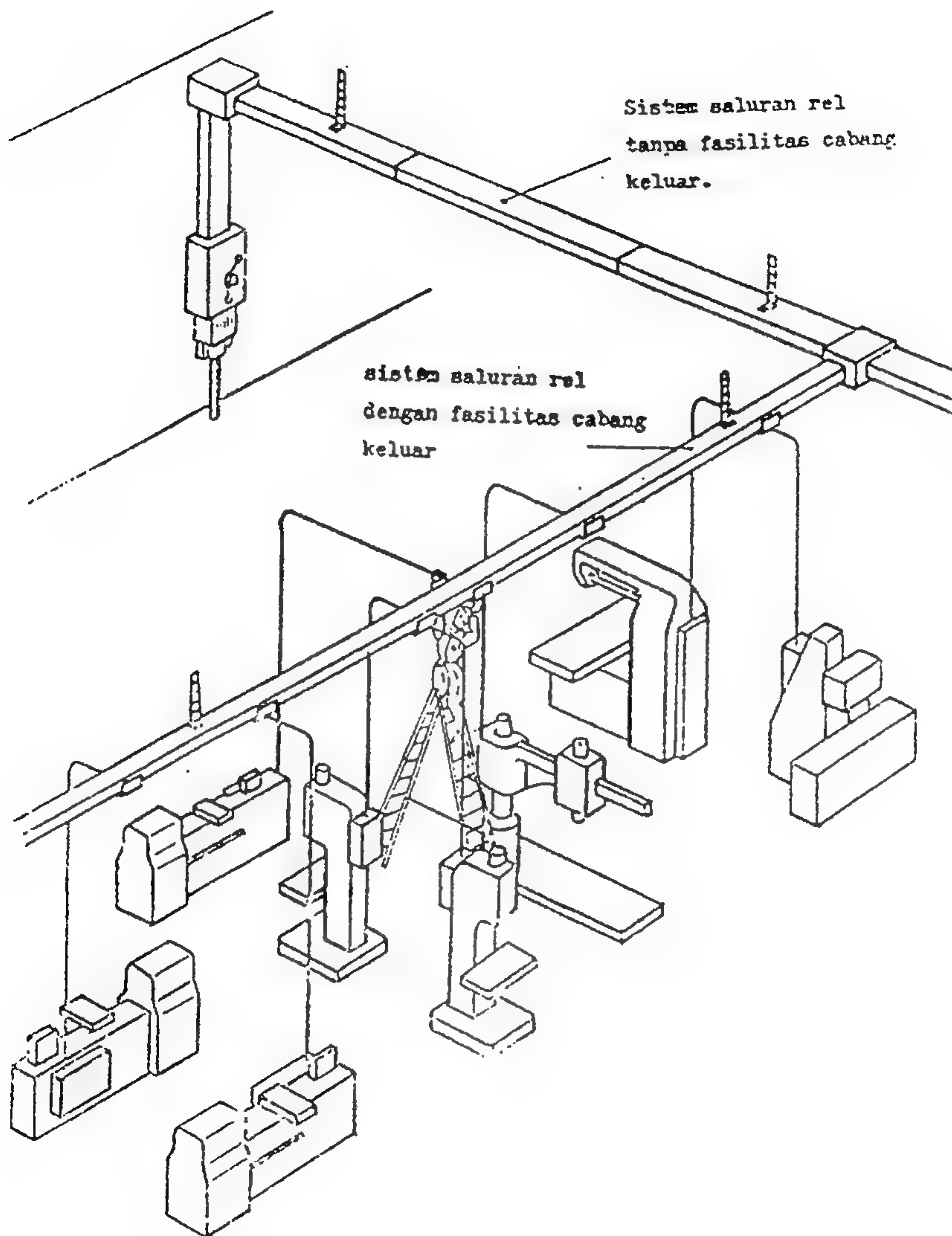






Gbr. 6 : FEB Jenis Multi Kotak

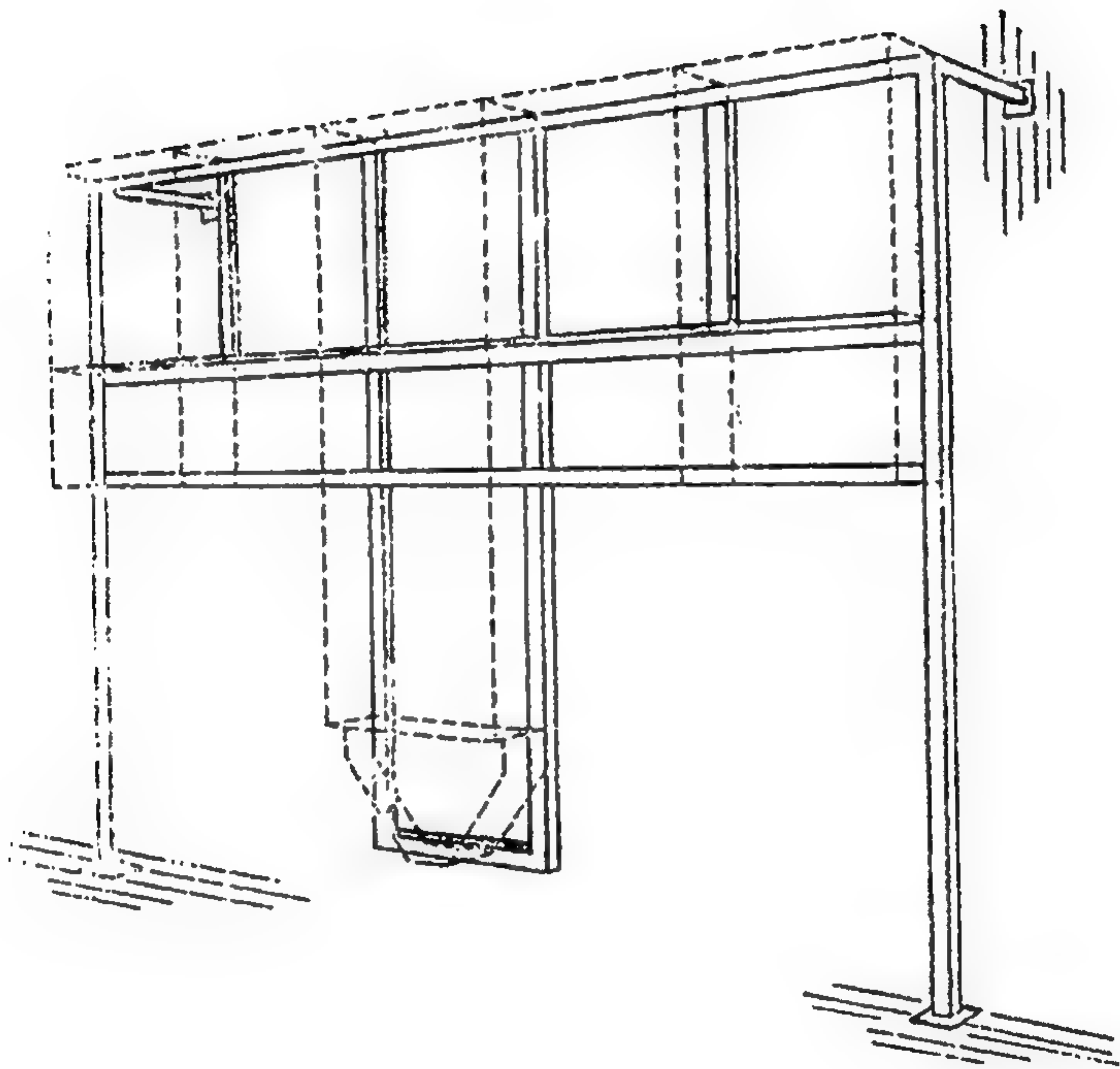




Gbr. 7 : Sistem saluran rel.



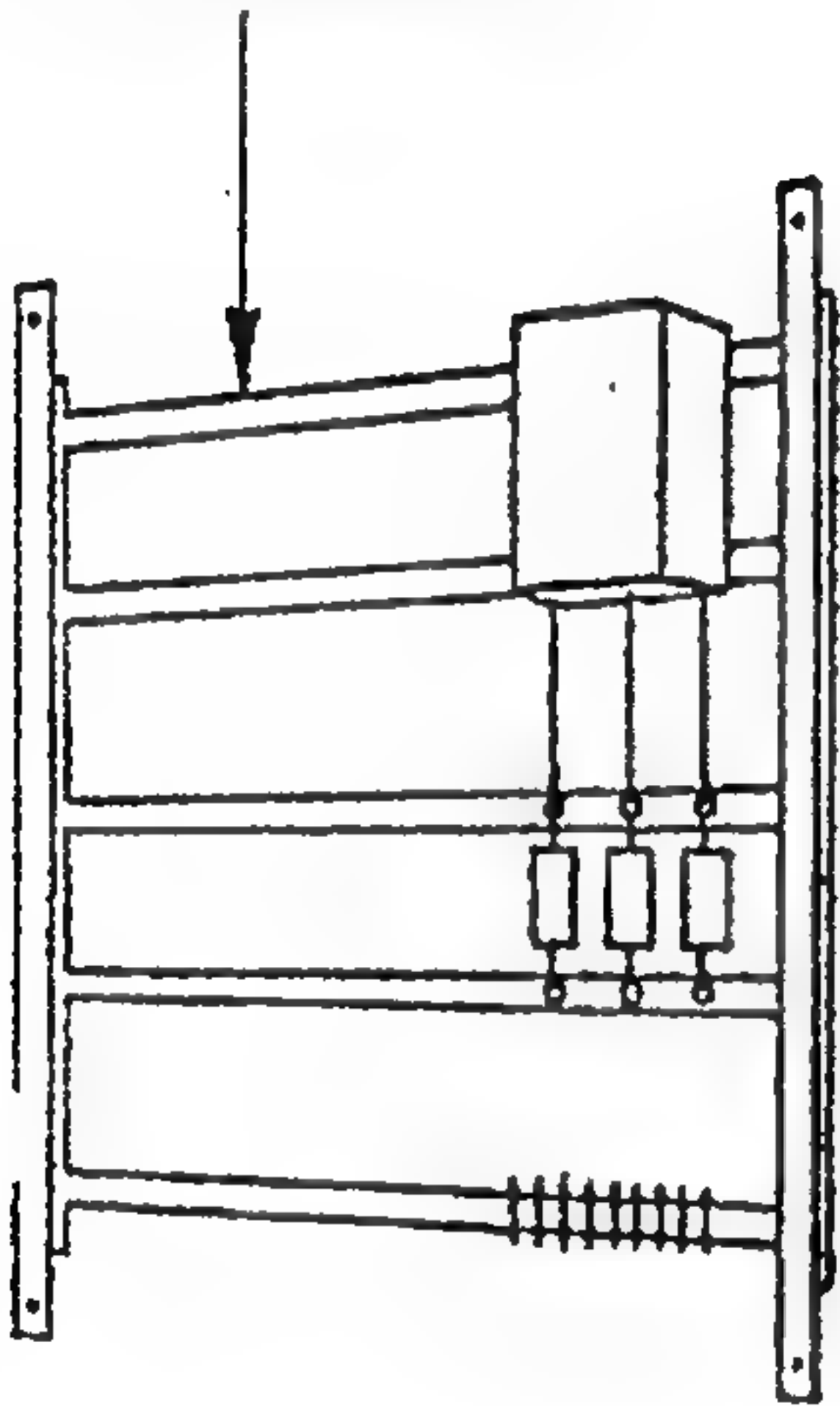




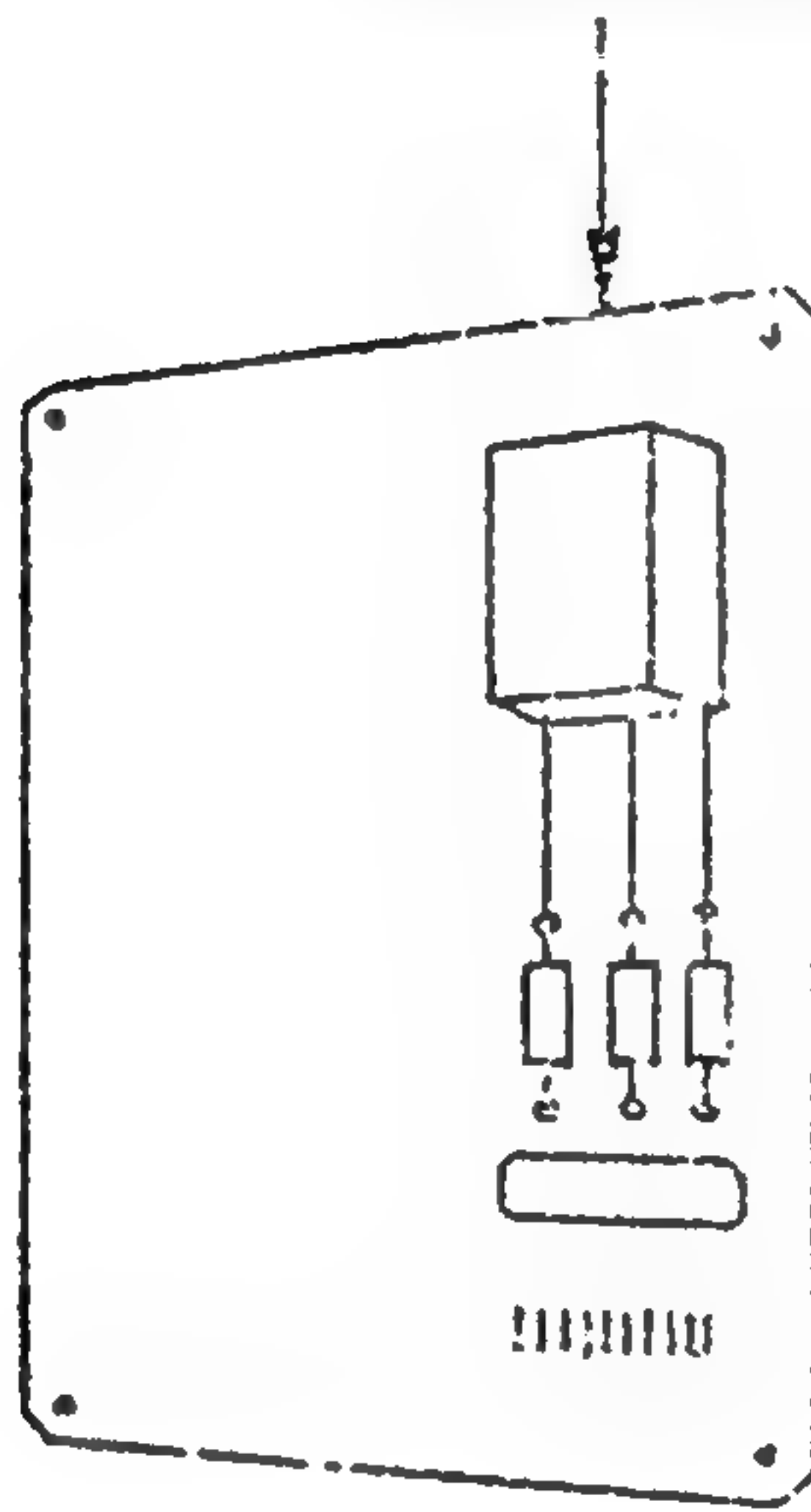
Gbr. 2 . Kerangka Pemertangan



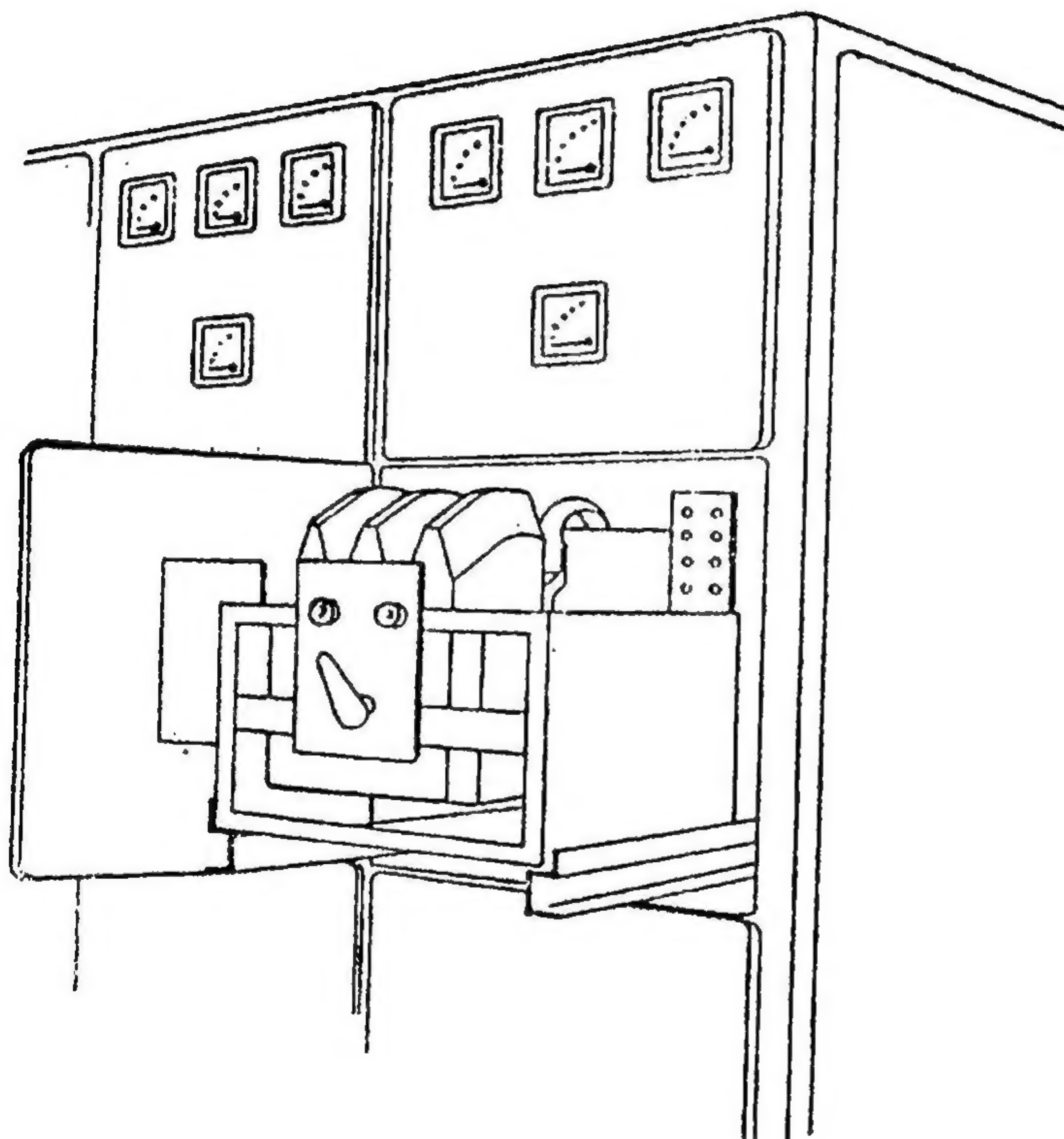
Langka pemasangan



Panci pemanasan







Gbr. 10 : Bagian yang dapat dilepas







**SNI 04-1691-1989 (N)**

Perlengkapan hubung bagi dan kontrol rakitan pabrik untuk tegangan rendah.

Tgl. Pinjaman	Tgl. Harus Kembali	Nama Peminjam



**PERPUSTAKAAN**

